corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 22 - 29 ottobre 1960 - un fascicolo lire 150 **4°** numero

corso di RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano.

In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

LA LEGGE di OHM

CIRCUITO ELETTRICO

Per circuito elettrico, come abbiamo brevemente accennato alla quarta lezione, si intende un percorso predisposto affinchè circoli in esso la corrente elettrica.

L'energia elettrica può essere trasmessa, in maniera efficiente, e con sistemi di controllo relativamente semplici, attraverso circuiti conduttori; le vaste reti di distribuzione dell'energia oggi usate per fornirla a città e paesi, sono una dimostrazione pratica del sistema di distribuzione a mezzo di circuiti.

Per circuito elettrico non deve intendersi però solo una rete di distribuzione di energia: anche un percorso ben definito, di pochi centimetri, costituisce un circuito.

Nel circuito elettrico troviamo spesso elementi vari, variamente disposti, utili o dannosi ai fini per i quali il circuito è stato realizzato.

Quando, per una causa fortuita, la corrente evita il percorso stabilito e circola su di un percorso più breve e ad essa inadeguato, si dice che si è verificato un *cortocircuito*, — in altre parole un circuito troppo breve — che porta spesso a conseguenze non desiderate e del quale abbiamo già fatto cenno parlando dei materiali isolanti, i quali sono impiegati appunto per impedire i cortocircuiti.

L'energia elettrica si manifesta sempre in un circuito elettrico chiuso, (vedi **figura** 1), il quale, nella sua forma più semplice, consiste nel generatore dell'energia, (a due terminali), in un carico che utilizza la corrente (avente anch'esso due terminali), e in due conduttori che la portano dal generatore al carico, come è illustrato nella **figura 2.**

I tre tipi principali di circuiti elettrici sono:

1) **circuiti in serie,**
2) **circuiti in parallelo e**
3) **circuiti in serie-parallelo.**

Il primo tipo è costituito da elementi tutti in serie tra loro, (ossia uno di seguito all'altro), ed il percorso della corrente è unico (**figura** 3); il secondo è costituito da elementi tutti in parallelo tra loro, (ossia ognuno sommato agli altri) e la corrente compie più di un percorso, (**figura** 4), ed infine il terzo è una combinazione dei due precedenti (**figura** 5).

Anche nell'analisi del circuito elettrico più semplice è necessaria, ovviamente, la conoscenza delle particolari unità pratiche di misura, (il volt, (*E*), l'ampère (*I*), l'ohm (*R*) ed il watt (*W*), unità di cui abbiamo appreso il significato alle nostre precedenti lezioni. **Compito della lezione presente è quello di chiarire le relazioni esistenti tra dette unità, e specialmente tra** *E*, *I*, **ed** *R*, **relazioni normalmente conosciute nell'assieme come legge di Ohm, per ciò che concerne i circuiti semplici, e** ***leggi di Kirchoff*** **nei riguardi dei circuiti complessi che vedremo in seguito.**

LA LEGGE di OHM

Nel secolo XIX, un filosofo tedesco, George Simon Ohm, dimostrò per via sperimentale la proporzionalità costante tra la corrente elettrica e la tensione nel circuito semplice, e nel 1826 pubblicò i risultati delle sue scoperte.

La legge di Ohm è fondamentalmente lineare e quindi semplice ed esatta, e può essere applicata nella sua forma basilare ai circuiti a corrente continua e a tutti i dispositivi che tale corrente utilizzano.

L'unità di resistenza elettrica, come già sappiamo, si chiama **Ohm** (viene normalmente rappresentata dalla lettera greca *« omega »* Ω), e trova ampia applicazione nel campo delle sorgenti e dei carichi, e nei conduttori usati nei circuiti elettrici ed elettronici.

La legge di Ohm può essere espressa come segue:

L'intensità della corrente, in ampère, presente in qualsiasi circuito elettrico corrisponde alla differenza di potenziale, in volt, presente ai capi del circuito stesso, divisa per la sua resistenza, in ohm.

La medesima legge può essere espressa dalla seguente formula:

$$I = \frac{E}{R}$$

Nella quale *I* è l'intensità della corrente in ampère, *E* la differenza di potenziale in volt, *R* la resistenza in ohm.

Se uno dei tre valori è incognito, esso può essere facilmente individuato mediante tale formula, come vedremo tra breve.

Supponiamo ora che la tensione presente ai capi del carico nel circuito illustrato alla figura 2 sia di 120 volt, e la resistenza effettiva di detto carico sia di 20 ohm: la corrente che lo percorre sarà data perciò dal rapporto 120:20, ossia 6 ampère, e se la resistenza effettiva mantiene costante il suo valore di 20 ohm, in conformità della legge di ohm la corrente raddoppia se raddoppia la tensione, e diventa la metà se anche la tensione viene dimezzata.

In altre parole, la corrente che percorre il carico varia in maniera direttamente proporzionale col variare

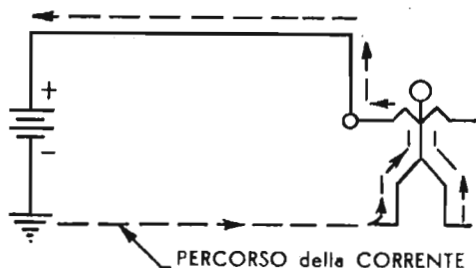



Fig. 1 - Se la sorgente di energia ha un polo collegato « a terra », è possibile avvertire il passaggio della corrente anche toccando un solo polo, in quanto il circuito viene chiuso mediante il contatto dei piedi col pavimento

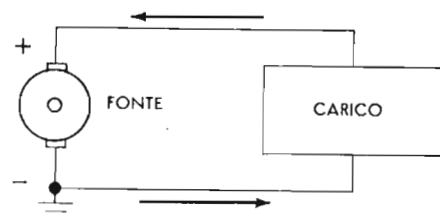



Fig. 2 - Il circuito elettrico più semplice consta di una fonte di energia, di due conduttori che la trasportano, e di un carico che la utilizza.

della tensione, per cui, se detta tensione viene ridotta a 0, la corrente corrisponderà a 0:20 ossia 0 ampère, e se viene aumentata, ad esempio, di 10 in 10 volt cominciando da 0 fino ad un massimo di 120 volt, la corrente assumerà i seguenti valori:
10 : 20 = 0,5 ampère; 20 : 20 = 1,0 ampère; 30 : 20 = = 1,5 ampère, e così via.

La **figura 6** illustra la relazione che intercorre tra la corrente e la tensione, enunciata nell'esempio precedente; i valori di tensione sono rappresentati orizzontalmente, (lungo l'asse X), alla destra del punto di origine, mentre i valori corrispondenti di corrente sono rappresentati verticalmente (lungo l'asse Y), al di sopra del medesimo punto (*).

Il grafico assume l'aspetto di una linea retta la cui equazione corrisponde a

$$I = E : 20.$$

Il numero costante 20 rappresenta la resistenza in ohm del circuito, che si è presunta in 20 ohm, come si è detto, e che in questo esempio si suppone non subisca variazioni col variare della corrente. Il grafico illustra l'importante caratteristica della legge in questione, di cui si è già detto, e cioè che *se la resistenza è costante, la corrente varia direttamente col variare della tensione.*

Se nel caso della figura 2 si mantiene invece la tensione ad un valore costante (ad esempio: 120 volt), la corrente che percorre il carico dipenderà unicamente dal valore effettivo della resistenza. Se la resistenza ammonta a 120 ohm, la corrente sarà data da 120:120, ossia 1 ampère, come pure, se detta resistenza verrà dimezzata, la corrente sarà raddoppiata e viceversa. In altre parole: la corrente varia in maniera inversamente proporzionale rispetto alla resistenza, e se quest'ultima viene ridotta di 20 ohm alla volta partendo dal valore di 120 ohm, fino ad un minimo di 20 ohm, la corrente assumerà i seguenti valori:

120 : 100 = 1,2 ampère; 120 : 80 = 1,5 ampère;
120 : 60 = 2 ampère e così via.

La **figura 7** illustra la rappresentazione grafica della relazione tra la corrente e la resistenza, relazione che può essere espressa dall'equazione

$$I = 120 : R$$

nella quale il numeratore rappresenta il valore di 120 volt dell'esempio citato, e coll'approssimarsi di R ad un valore piccolo, la corrente I si approssima ad un valore molto grande. Tale esempio illustra una seconda caratteristica importante della legge di Ohm, ossia che *la corrente varia in maniera inversamente proporzionale rispetto alla resistenza.*

Se infine, nella figura 2 la corrente venisse mantenuta ad un valore costante di 5 ampère, la tensione dipenderebbe dalla resistenza del carico di cui seguirebbe direttamente le variazioni, e la **figura 8** illustra le relazioni tra tensione e resistenza in tale esempio: infatti, i valori di resistenza vengono rappresentati orizzontalmente, lungo l'asse X, a destra del punto di origine, mentre i valori corrispondenti di tensione vengono rappresentati lungo l'asse verticale Y, al disopra del medesimo punto. Il grafico risultante assume l'aspetto di una linea retta che corrisponde all'equazione

$$E = 5 \times R$$

nella quale il coefficiente 5 rappresenta il valore di 5 ampère che nell'esempio viene considerato costante, per cui ciò illustra una terza caratteristica importante, ossia che *la tensione presente ai capi del carico varia in maniera direttamente proporzionale rispetto alla sua resistenza,* purchè la corrente sia mantenuta ad un valore costante.

APPLICAZIONE della LEGGE di OHM

L'equazione della legge di Ohm $I = E{:}R$ può essere trasformata — come abbiamo già accennato — per calcolare la resistenza se, sia la corrente che la tensione sono note, oppure per calcolare la tensione se sono noti i valori di corrente e di resistenza, per cui può assumere le espressioni

$$R = E : I$$
$$\text{ed } E = I \times R.$$

Ad esempio, se la tensione presente ai capi di un circuito è di 50 volt, e la corrente che lo percorre è di 2 ampère, la resistenza sarà eguale a (E : I) 50:2, ossia 25 ohm; inoltre, se la corrente che percorre un conduttore è di 3 ampère, e la resistenza del conduttore è di 0,5 ohm, la caduta di tensione ai suoi capi sarà eguale a ($I \times R$) 3 × 0,5 ossia 1.5 volt.

(*) *Per illustrare l'andamento di un fenomeno si ricorre spesso ai grafici del tipo riportato a fig. 6 e seguenti. Lungo una retta orizzontale (detta asse delle X) e lungo una verticale (asse delle Y) si segnano valori prestabiliti delle unità di misura che interessano il fenomeno. I dati rilevati in tempi successivi sono localizzati rispetto alle due rette e segnati con un punto: l'unione dei diversi punti dà luogo ad una linea (detta « curva ») che rispecchia l'andamento del fenomeno.*

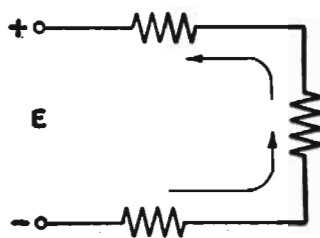



Fig. 3 - Schema classico di collegamento elettrico « in serie »: le tre resistenze sono unite una a seguito dell'altra. Il percorso della corrente è unico.

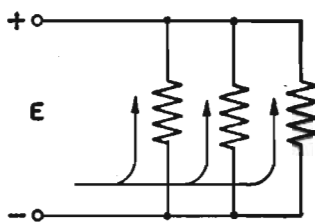



Fig. 4 - Schema classico di collegamento elettrico « in parallelo »: le tre resistenze sono in derivazione l'una rispetto all'altra. La corrente ha tre percorsi.

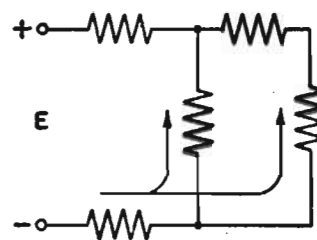



Fig. 5 - Schema classico di collegamento elettrico misto: le resistenze sono unite tra loro in varie combinazioni serie-parallelo.

La formula base — e le sue successive trasformazioni — possono essere ottenute rapidamente con l'aiuto della **figura 9.** Il circolo contenente E, I ed R, è diviso in due parti in modo che *E* si trovi al disopra della linea, ed *IR* al disotto: per determinare il valore incognito, è necessario innanzitutto coprire la lettera relativa con un dito: la reciproca posizione delle due lettere rimanenti nel circolo indicherà l'operazione aritmetica da effettuarsi per calcolare il valore della prima.

Ad esempio, per trovare *I*, coprire tale lettera con un dito: le lettere rimaste scoperte indicheranno che *E* deve essere divisa per *R*, ossia $I = E : R$.

Per trovare *E*, coprire tale lettera, ed apparirà evidente che *I* deve essere moltiplicata per *R*, ossia che

$$E = I \times R.$$

Infine, per trovare *R*, si noterà che *E* deve essere divisa per *I*, ossia che $R = E : I$.

Avvertiamo il lettore che, nella trasposizione della formula, non deve basarsi esclusivamente su tale grafico, bensì deve usarlo come supplemento alla sua conoscenza del metodo algebrico, in quanto l'algebra è un elemento basilare nella soluzione dei problemi di carattere elettrico e l'importanza di conoscerne l'uso non deve essere menomata o trascurata a causa della conoscenza di un metodo mnemonico come quello ora descritto ed illustrato. Per il motivo di cui sopra abbiamo ritenuto utile, perciò, di corredare il nostro Corso con brevi cenni relativi a quella matematica elementare che — potendo essere seguita da tutti — riuscirà di grande aiuto certamente a tutti i nostri lettori.

CONDUTTANZA

La resistenza è stata definita come un'opposizione al passaggio della corrente: ora, invece di valutare un conduttore in base all'ammontare dell'opposizione offerta, si può valutarlo in base alla possibilità che esso offre alla corrente di scorrere, ossia in base alla *conduttanza*, la quale è appunto la misura della possibilità alla quale abbiamo fatto cenno.

La conduttanza è quindi l'opposto della resistenza, e poichè quest'ultima viene espressa in ohm, la prima viene espressa in *mho* (inversione della parola ohm), ed è contrassegnata dalla lettera *G*, per cui

$$G = 1 : R$$

Secondo la legge di Ohm, la tensione viene divisa per la resistenza per trovare la corrente ($I = E : R$), e poichè *G* è il contrario di *R*, avremo

$$I = E \times G.$$

In elettronica si usa frequentemente una piccola unità di conduttanza, detta *Micromho,* che equivale alla millionesima parte di un Mho.

POTENZA ed ENERGIA ELETTRICA

In aggiunta al volt, all'ampère e all'ohm, vi sono due unità di misura che si presentano frequentemente nei calcoli relativi ai circuiti elettrici, ossia l'unità di potenza e l'unità di energia.

Potenza

Probabilmente a chi non è tecnico il concetto di potenza è più noto di quello di tensione, corrente o resistenza: l'elettricità è una sorgente di potenza in quanto si può fare in modo che essa compia un lavoro, come ad esempio, far ruotare un motore, o — come abbiamo già visto a pag. 34 — produrre calore in una resistenza, come avviene in un comune saldatore elettrico. Per potenza si intende la quantità di lavoro che può essere prodotto, però — come vedremo — non si considera solo il lavoro fatto o da fare, ma anche il tempo impiegato affinchè il lavoro sia svolto.

L'unità di potenza elettrica (il **watt**) corrisponde al prodotto tra il potenziale (in volt) applicato al circuito, e la corrente (in ampère) che scorre in quest'ultimo, per cui l'equazione della potenza è

$$P = E \times I$$

Un potenziale di 110 volt che provochi una corrente di 3 ampère in una resistenza, trasforma l'energia elettrica in calore con un ammontare di 110 volte 3, ossia 330 watt, per cui, essendo, come si è ora visto

$$P = E \times I \quad \text{e poichè} \quad E = I \times R$$

sostituendo il valore di *E* col valore $I \times R$, avremo

$$P = I \times R \times I \quad \text{ossia} \quad P = I^2 \times R$$

Questa particolare espressione della equazione della potenza, — dalla quale si rileva che la potenza in watt in un circuito varia col quadrato della corrente in ampère e con la resistenza in ohm — è molto utile in elettronica. Una corrente di 4 ampère in una resistenza di 2 ohm converte l'energia elettrica in energia termica con un rapporto di 16 volte 2, ossia 32 watt.

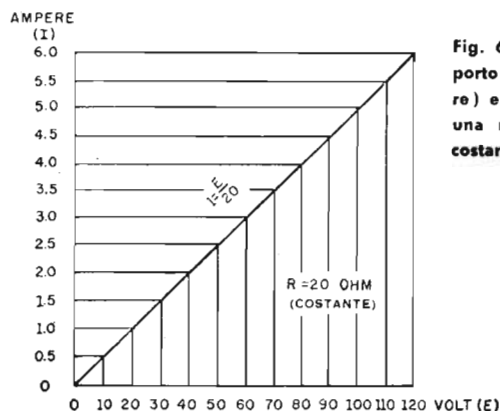



Fig. 6 - Esempio del rapporto tra corrente (ampère) e tensione (volt), con una resistenza del valore costante di 20 ohm.

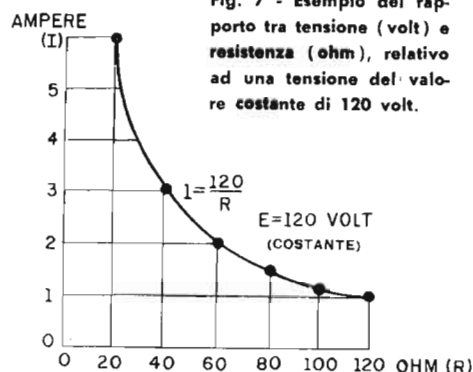



Fig. 7 - Esempio del rapporto tra tensione (volt) e resistenza (ohm), relativo ad una tensione del valore costante di 120 volt.

Dalla legge di Ohm si può ricavare un'altra versione dell'equazione della potenza:

poichè $P = E \times I$ ed essendo $I = \dfrac{E}{R}$

si ha $P = E\left(\dfrac{E}{R}\right)$ ossia $P = \dfrac{E^2}{R}$

Se E è eguale a 50 volt ed R a 40 ohm, si ha

$$P = \frac{50^2}{40} = 62{,}5 \text{ watt}$$

Tra le due formule che danno il valore di P conviene usare evidentemente quella che si adatta meglio al problema.

Non sempre l'energia elettrica viene trasformata in calore: ad esempio, la maggior parte della energia usata per azionare un motore viene convertita in energia meccanica; quella applicata ad un altoparlante o ad una cuffia viene convertita in onde sonore, ed infine una parte dell'energia fornita ad un radiotrasmettitore viene convertita in radioonde.

Dall'ultima equazione si può rilevare che *la potenza in watt fornita ad un circuito varia in maniera direttamente proporzionale rispetto al quadrato della tensione in volt, ed inversamente proporzionale rispetto alla resistenza in ohm.*

La **figura 10** costituisce l'espressione grafica di detta equazione: infatti, la tensione è rappresentata lungo l'asse X, mentre i valori corrispondenti di potenza in watt sono rappresentati verticalmente, lungo l'asse Y. L'equazione $P = E^2 : 20$ rappresenta la relazione tra la tensione applicata e la potenza in un circuito semplice analogo a quello della figura 2, nel quale la resistenza ha il valore costante di 20 ohm. La tensione viene aumentata di 20 in 20 volt partendo da 0 e fino ad un massimo di 100 volt, ed i valori corrispondenti di potenza vengono calcolati mediante l'ultima formula, per cui si ha:

$$\frac{(0)^2}{20} = 0 \text{ watt}; \quad \frac{(20)^2}{20} = 20 \text{ watt}; \quad \frac{(40)^2}{20} = 80 \text{ watt},$$

e così via.

Tale grafico mette in rilievo il fatto che la potenza in watt fornita al circuito — come si è già detto — varia col quadrato della tensione applicata.

Il grafico della figura 10 costituisce, però, anche la espressione dell'equazione $P = (I)^2 \times 20$ in quanto, in questo caso, la corrente è rappresentata orizzontalmente lungo l'asse X, a destra del punto di origine, partendo da 0 ampère, ed aumentando di 1 ampère alla volta fino ad un massimo di 5 ampère, mentre i valori corrispondenti di potenza vengono rappresentati lungo l'asse Y, al disopra di detto punto. Tali valori vengono calcolati mediante la sostituzione suddetta, nel modo seguente:

$(1)^2 \times 20 = 20$ watt; $(2)^2 \times 20 = 80$ watt;
$(3)^2 \times 20 = 180$ watt e così via.

E' importante notare che i grafici relativi alle equazioni $P = \dfrac{E^2}{R}$ e $P = I^2 \times R$ non sono lineari, in quanto la potenza varia sia col variare del quadrato della tensione applicata, sia col variare del quadrato della corrente, ed è altrettanto importante notare che, come appare evidente dall'equazione $P = \dfrac{E^2}{R}$, la potenza fornita ad un circuito la cui tensione è costante, varia in maniera inversamente proporzionale alla sua resistenza, per cui, se la tensione fornita ad un circuito semplice analogo a quello della figura 2 ha il valore costante di 100 volt, e se la resistenza viene diminuita da 20 a 10 ohm, la potenza fornita aumenta da

$$\frac{(100)^2}{20} = 500 \text{ watt a } \frac{(100)^2}{10} = 1.000 \text{ watt},$$

per cui, se la resistenza viene dimezzata, la potenza raddoppia.

Si noti appunto in questo esempio che la reciproca relazione non è lineare.

La **figura 11** esprime graficamente l'equazione $P = \dfrac{(100)^2}{R}$, e rappresenta la relazione che sussiste tra potenza e la resistenza in un circuito al quale è applicata la tensione costante di 100 volt.

I valori di resistenza sono rappresentati lungo l'asse X, mentre i valori corrispondenti di potenza sono rappresentati lungo l'asse Y. La resistenza viene variata

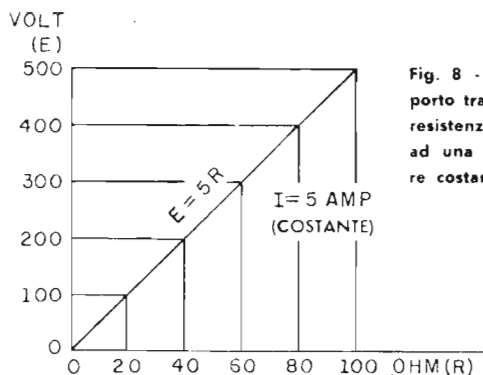
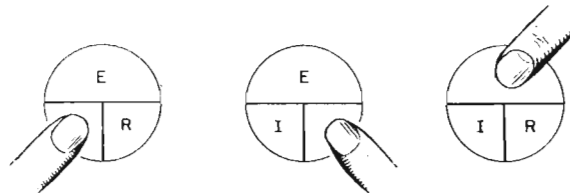



Fig. 8 - Esempio del rapporto tra tensione (volt) e resistenza (ohm), relativo ad una corrente del valore costante di 5 ampère.

Fig. 9 - Per conoscere la relazione che intercorre tra due delle grandezze I, E ed R, basta coprire quella di valore incognito ed osservare la posizione reciproca delle 2 rimanenti.

di 100 ohm per punto partendo dal valore di 100 ohm, fino ad un massimo di 1.000, ed i corrispondenti valori di potenza vengono calcolati come segue:

$$\frac{(100)^2}{100} = 100 \text{ watt}; \quad \frac{(100)^2}{200} = 50 \text{ watt}; \quad \frac{(100)^2}{300} = 33{,}3 \text{ watt},$$

e così via.

Tale grafico mette anch'esso in evidenza la relazione non lineare tra resistenza e potenza in un circuito a tensione costante: man mano che la prima si approssima ad un valore molto piccolo, la seconda si approssima ad un valore molto grande, e viceversa.

Contrariamente a tale relazione, la potenza, in un circuito a corrente costante varia direttamente con la resistenza, come è illustrato dal grafico della figura 12. In tale esempio, la corrente viene mantenuta al valore costante di 5 ampère, mentre la resistenza viene aumentata di 1 ohm per punto, fino ad un valore massimo di 10 ohm. Tali valori vengono rappresentati lungo l'asse X, e quelli corrispondenti di potenza lungo l'asse Y, e vengono calcolati come segue:

$P = (5)^2 x0 = 0$ watt; $(5)^2 x1 = 25$ watt; $(5)^2 x2 = 50$ watt e così via.

Il grafico mette in evidenza la relazione lineare tra potenza e resistenza in un circuito a corrente costante.

Energia

Viene definito energia ciò che è in grado di compiere un lavoro. In meccanica si intende per lavoro il prodotto tra la forza e la distanza lungo la quale essa agisce, mentre nelle unità elettriche pratiche, l'energia corrisponde al prodotto della potenza in watt per il tempo in ore. Dal momento che la potenza è la misura del lavoro compiuto, la sua moltiplicazione per il tempo dà per risultato un prodotto corrispondente all'energia totale considerata, per il periodo di tempo rappresentato dal fattore t.

E' facile ottenere l'equazione dell'energia moltiplicando entrambi i membri dell'equazione della potenza ($P = E \times I$) per il fattore comune di tempo t, ed egualiando tale espressione alla energia W come segue:

$$W = Pt = E \times I \times t$$

Analogamente, entrambi i membri delle equazioni

$$P = E^2 : R \qquad \text{e} \qquad P = I^2 R$$

possono essere moltiplicati per il fattore di tempo t, e quindi eguagliati all'energia W come segue:

$$W = E^2 : Rt \qquad \text{e} \qquad W = I^2 Rt$$

Nelle equazioni dell'energia ora viste E è espressa in in volt ed I in ampère. Se t è espresso in ore, W esprime il valore in **wattore**.

Se t è espresso in secondi, W rappresenterà il valore in watt secondi o **joules** (1 joule equivale ad 1 watt al secondo).

Dal momento che (vedi pag. 31) $I \times t = Q$ in cui Q è espresso in coulomb, I in ampère, t in secondi), è possibile sostituire Q al posto di $I \times t$ ricavando così la seguente equazione:

$$W = QE$$

nella quale W è l'energia in joules, Q la quantità di corrente in coulomb, ed E la tensione in volt.

L'energia elettrica viene comprata e venduta in unità di kilowattore (3.600×10^3 joules) e, nelle grosse centrali di produzione dell'energia elettrica, viene totalizzata in megawattore (3.600×10^6 joules). Ad esempio, se in un periodo di 10 ore vengono assorbiti in media 70 megawatt all'ora, l'energia totale erogata corrisponde a $70 \times 10 = 700$ megawattore. Tale ammontare è equivalente a $700 \times 1.000 = 700.000$ kilowattore, oppure a $700 \times 3.600 \times 10^6 = 2.520.000 \times 10^6$ joules. L'unità più pratica da usare dipende in parte dall'ammontare della quantità di energia considerata, ed in quest'ultimo esempio la più pratica è il megawattore.

ESEMPI di IMPIEGO della LEGGE di OHM

E' sufficiente un breve sguardo al campo dell'elettrotecnica per individuare un'ampia varietà di problemi riguardanti la legge di Ohm ed i rapporti di potenza: consideriamo uno degli esempi più comuni, e precisamente quello delle lampade ad incandescenza usate nei circuiti a potenziale costante sia nelle case che nelle fabbriche, le cui caratteristiche sono espresse in volt ed in watt. Quanta corrente consumano? Qual'è la loro resistenza? Se esse sono ad alta luminosità, possono consumare diversi ampère, mentre se sono di basso wattaggio, possono consumare soltanto una frazione di ampère. Per essere precisi, il consumo di corrente da parte di una lampada da 100 watt, 120 volt, può essere calcolato facilmente utilizzando la formula

Fig. 10 - Rapporto tra potenza (watt) e corrente (ampère), relativo ad una resistenza del valore costante di 20 ohm.

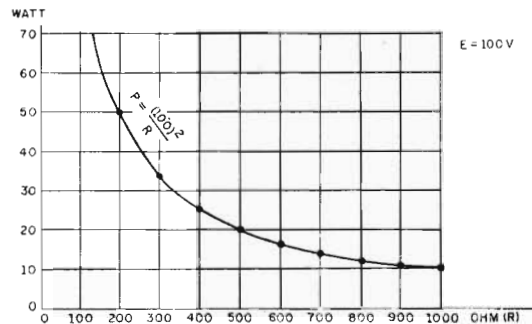
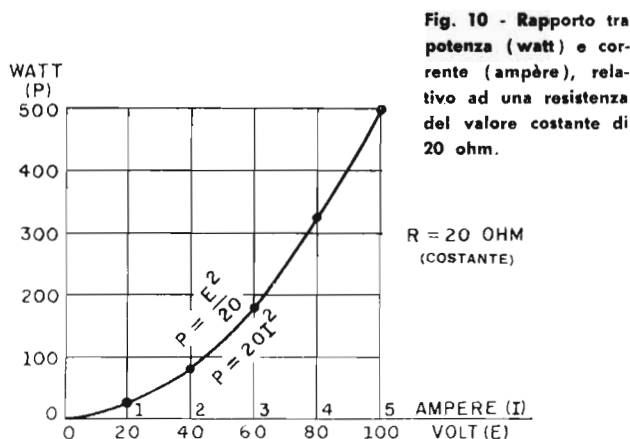



Fig. 11 - Rapporto tra potenza (watt) e resistenza (ohm), relativo ad una tensione del valore costante di 100 volt.

$$I = \frac{P}{E} = \frac{100}{120} = 0{,}833 \text{ ampère}$$

e la resistenza di tale lampada durante il funzionamento può essere calcolata sostituendo il valore della corrente e quello della tensione nella formula

$$I = E : R$$

e quindi risolvendo rispetto ad R, per cui

$$R = \frac{E}{I} = \frac{120}{0{,}833} = 144 \text{ ohm}$$

Da ciò deduciamo che una lampada da 100 watt, 120 volt, consuma 0,833 ampère ed ha una resistenza, a caldo, di 144 ohm. Quanto costa dunque l'uso di tale lampada per quattro ore ogni sera, per 30 giorni, a 40 lire per kilowattore? Non molto, come si dimostra col seguente calcolo

$$\text{kilowattore totali} = Pt = \frac{100 \times 4 \times 30}{1.000} = 12$$

Costo totale = 40 x 12 = 480 lire.

Nell'operazione di cui sopra (ed in quella che segue) la potenza anzichè in watt è espressa in kilowatt (1000 watt); per questo motivo l'operazione contempla la divisione per 1000 e reca tale numero quale divisore (denominatore della frazione).

Consideriamo il costo di funzionamento di un condizionatore d'aria funzionante a 120 volt con consumo di 9,4 ampère, per 10 ore giornaliere e per 30 giorni.

La potenza in kilowatt ammonta a

$$P = \frac{EI}{1.000} = \frac{120 \times 9{,}4}{1.000} = 1{,}128 \text{ kw}$$

Il consumo totale è 1,128 x 30 x 10 = 338,4 kw/h, ed al prezzo di L. 40 al kw/h. si ha 338,4x40 = 13.216 lire.

Le stufe elettriche domestiche richiedono circuiti appositamente previsti, come si può notare ad esempio dall'ammontare della corrente consumata con un carico di 7,5 kw a 220 volt, con tutti gli elementi in pieno funzionamento.

Il consumo di corrente viene calcolato come segue:

$$I = \frac{P}{E} = \frac{7.500}{220} = 34 \text{ ampère}$$

Poichè la maggior parte dei contatori domestici non permette un'erogazione superiore a 20 ampère, la possibilità di impiego di un carico che consumi 34 ampère richiede ovviamente l'istallazione di circuiti speciali, ed è inoltre importante notare che la disponibilità di una tensione di 220 volt invece che di 110 permette l'impiego di conduttori più sottili in quanto, per una data potenza, la corrente varia in proporzione inversa rispetto alla tensione. Per questo motivo, la medesima stufa alimentata a 110 volt, consumerebbe 68 ampère in luogo dei 34 prima ricavati con la formula.

Per chiarire ulteriormente il rapporto inverso tra tensione e corrente per una data potenza, consideriamo il consumo di una lampada da 100 watt alimentata a 6 volt, il quale consumo è dato da

$$I = P : E = 100 : 6 = 16{,}6 \text{ ampère}$$

Ossia, un ampèraggio venti volte maggiore di quello di una lampada da 100 watt alimentata a 120 volt, che abbiamo visto essere di 0,833 ampère.

E' molto importante che ogni lampada ad incandescenza venga alimentata con la sua tensione corretta in quanto qualsiasi aumento di tensione, sia pure istantaneo, ne diminuirebbe notevolmente la durata. Ad esempio, l'aumento di tensione da 110 a 140 volt per una lampada da 25 watt a 110 volt, provocherà un aumento della corrente da

$$\frac{25}{110} = 0{,}228 \text{ ampère, a } \frac{140}{110} \times 0{,}228 = 0{,}293 \text{ ampère}$$

e poichè la potenza dissipata varia col quadrato della tensione applicata, l'aumento della tensione applicata, da 110 a 140 volt, aumenterà la potenza a

$$\frac{(140)^2}{110} = 1{,}62 \text{ volte}$$

quella normale, nel qual caso il filamento della lampada brucia dopo breve tempo.

Un altro esempio di rapporto tra le unità basilari è dato dalla corrente consumata da un ferro da stiro da 1.000 watt, 120 volt. Si calcola l'ammontare della corrente:

$$I = P : E = 1.000 : 120 = 8{,}33 \text{ ampère}$$

La resistenza a caldo può essere trovata applicando l'equazione

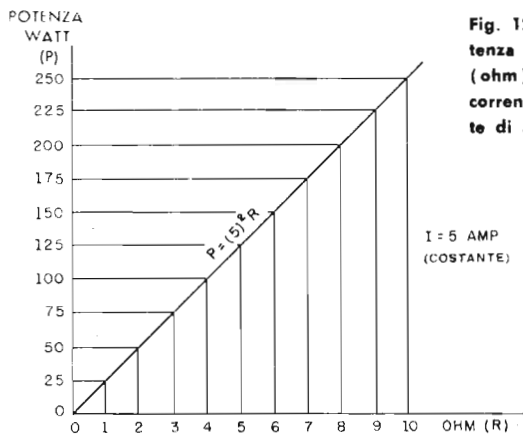



Fig. 12 - Rapporto tra potenza (watt) e resistenza (ohm), relativo ad una corrente del valore costante di 5 ampère.

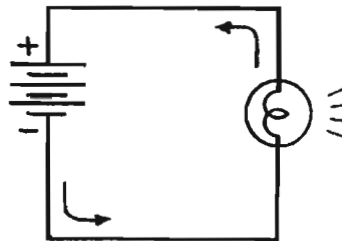



Fig. 13 - In un circuito vi può essere più di una variabile: nel filamento di una lampadina ad esempio, la corrente non è perfettamente proporzionale alla tensione, poichè la resistenza varia con la temperatura.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{120}{8,33} = 14,4 \text{ ohm}$$

La resistenza può essere ricavata anche con l'impiego dell'altra formula, quella che fa riferimento alla potenza e precisamente

$$R = \frac{E^2}{P} = \frac{(120)^2}{1.000} = 14,4 \text{ ohm}$$

L'equazione da usarsi dipende dai valori noti e da quelli che si desiderano conoscere. Ad esempio, calcolare l'energia totale in wattore erogata da una batteria di accumulatori da 12 volt che fornisce una corrente di 10 ampère per 10 ore.

Poichè $W = E\ I\ t$ si ha

$$W = 12 \times 10 \times 10 = 1.200 \text{ wattore.}$$

Il rapporto tra ampère, volt e ore dà l'energia in wattore, ed in questo esempio la batteria è in grado di fornire energia elettrica equivalente a 1.200 wattore, ossia a 1,2 kilowattore.

Mediante le formule fino ad ora note è possibile risolvere, tra gli altri, il seguente problema: data una resistenza di 100 ohm, 500 watt, collegata in modo tale che essa dissipi il suo wattaggio effettivo, calcolare la tensione presente ai suoi capi e la corrente che la percorre.

L'equazione $P = E^2 : R$ può essere risolta rispetto alla tensione in funzione della potenza e della resistenza, per cui

$$E = \sqrt{PR} = \sqrt{500 \times 100} = 224 \text{ volt}$$

ossia un carico di 500 watt, 100 ohm, avrà ai suoi capi una tensione di 224 volt.

La corrente che lo percorre può essere calcolata in base ai valori noti, nel modo seguente:

$$\text{Poichè } I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{500}{100}} = \sqrt{5} = 2,24 \text{ ampère.}$$

I valori così ottenuti possono essere controllati utilizzandoli per calcolare la potenza già nota precedentemente, ottenendo così il medesimo valore nel modo seguente:

$$P = I^2R = (2,24)^2 \times 100 = 500 \text{ watt}$$

Altrettanto dicasi per la resistenza che può essere controllata come segue:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{224}{2,24} = 100 \text{ ohm}$$

E' opportuno che il lettore acquisti l'abitudine di controllare i suoi calcoli servendosi di due o più equazioni per ottenere il medesimo risultato: infatti, due sistemi sono sempre più desiderabili di uno solo per giungere ad un risultato in quanto essi tendono ad evitare gli errori che si ripetono frequentemente nel caso che se ne segua ripetutamente uno solo.

La corrente e la tensione sono fattori molto importanti nel funzionamento dei motori elettrici: consideriamo infatti la potenza dissipata da un motore industriale che assorba 125 ampère da una sorgente a c.c. di 600 volt.

Poichè $P = EI$, si ha $600 \times 125 = 75.000$ watt.

Tale potenza può essere espressa in Cavalli (*HP*) oppure in Cavalli Vapore (*CV*) ed essendo

1 *HP* = 746 watt, si avrà 75.000 : 746 = 100,2 *HP*.

1 *CV* = 736 watt, si avrà 75.000 : 736 = 101,9 *CV*.

Se il carico effettivo necessità di una potenza costante in *HP*, avremo che la corrente varierà in proporzione inversa rispetto alla tensione. Supponiamo ad esempio, che la tensione cada da 600 a 450 volt: in tal caso la corrente necessaria per mantenere costante la potenza sarà

$$I = \frac{P}{E} = \frac{75.000}{450} = 166 \text{ ampère}$$

il che rappresenta un aumento di 41 ampère, ossia del 32,8% della corrente normale, che potrà causare un surriscaldamento del motore. Tale fenomeno è importantissimo per i motori elettrici e per le macchine rotanti in genere, e costituisce una situazione in cui l'effettiva resistenza del carico varia col variare del quadrato della tensione applicata ($R = E^2 : P$).

La resistenza effettiva presentata alla corrente da parte del motore quando la tensione è di 600 volt è

$$R = \frac{E}{I} = \frac{600}{125} = 4,8 \text{ ohm}$$

e quando detta tensione scende a 450 volt essa pure scende a

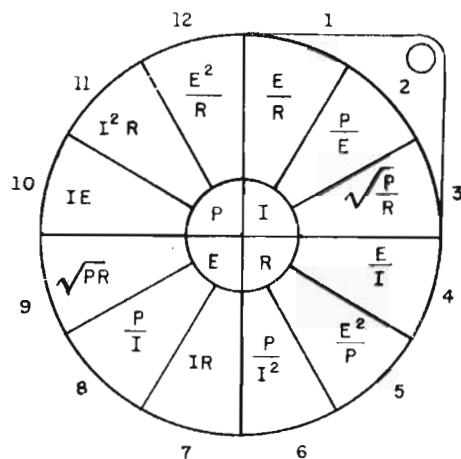



Fig. 14 - Disposizione logica delle formule relative alle grandezze I, E, R e P. Ciascuna di esse può essere determinata conoscendo almeno due delle altre. Il disco, che può essere riprodotto e tenuto a portata di mano, è diviso in quattro settori, ciascuno dei quali contiene tre formule che consentono di determinare la grandezza presente nel vertice relativo. Ad esempio I (corrente), è data da E:R oppure da P:E o ancora da $\sqrt{P:R}$.

$$\frac{450}{166} = 2{,}7 \text{ ohm}$$

La resistenza effettiva a 600 volt può essere controllata mediante l'equazione

$$P = \frac{E^2}{R}$$

nella quale i valori di E e P vengono sostituiti come segue, dopo aver trasformato la formula per risolvere rispetto ad R:

$$R = \frac{E^2}{P} = \frac{(600)^2}{75.000} = 4{,}8 \text{ ohm}$$

ed effettuato il medesimo controllo rispetto alla tensione di 450 volt si ottiene ancora il valore di 2,7 ohm.

La tendenza da parte dei motori ad aumentare la corrente di ingresso quando la tensione diminuisce non si verifica nel caso di altri carichi elettrici come ad esempio resistenze, apparecchi di riscaldamento, lampade elettriche, ecc.; il fenomeno ora descritto perciò non deve essere inteso da un punto di vista generale, indipendentemente cioè dalle caratteristiche del carico particolare in questione.

L'applicazione delle semplici equazioni o formule di tre lettere considerate in questa lezione non presenta grande difficoltà, tuttavia può presentarne nei confronti di un lettore assolutamente privo di cognizioni matematiche. I suoi tentativi di pervenire alle risposte ricorrendo a circuiti pratici equivalenti, possono infatti rivelargli la presenza di più di una variabile nel circuito elementare.

Ad esempio, egli troverà che, secondo la legge di Ohm, la corrente che percorre un circuito elettrico è direttamente proporzionale alla tensione applicata, tuttavia aumentando la tensione (ad esempio su di una lampada ad incandescenza — **figura 13** —) l'aumento di corrente non è direttamente proporzionale all'aumento di tensione. Tale fenomeno si spiega con la tendenza da parte del tungsteno ad aumentare la sua resistenza con l'aumentare della temperatura, per cui un aumento della tensione di alimentazione del filamento causa un aumento della corrente che lo percorre, e quindi della sua temperatura, la quale provoca a sua volta un aumento della resistenza. In questo caso le quantità variabili del circuito sono due invece di una, ossia la tensione e la resistenza, invece che la sola tensione.

Ad esempio, se nel caso in cui sopra, la tensione è di 110 volt e la resistenza di 120 ohm, la corrente è data da

$$I = E : R = 110 : 120 = 0{,}917 \text{ ampère}$$

se la tensione è di 132 volt e la resistenza di 130 ohm, la corrente è data

$$I = 132 : 130 = 1{,}015 \text{ ampère}$$

L'aumento di tensione è pari a 132-110 = 22 volt, e la percentuale di aumento è data da

$$\frac{22 \times 100}{110} = 20\%$$

L'aumento di resistenza invece ammonta a 130-120 = 10 ohm, corrispondente ad una percentuale del'8,33%, e l'aumento di corrente infine ammonta a 1,015-0,917 = = 0,098 ampère e corrisponde ad una percentuale del 10,7%. Da ciò si deduce che ad un aumento della tensione del 20% corrisponde un aumento di corrente del solo 10,7%. Se la tensione fosse stata la sola quantità variabile, la corrente ne avrebbe seguito le variazioni proporzionalmente, ossia un aumento del 20% della prima avrebbe causato un eguale aumento della seconda. Nel nostro caso invece, le variazioni non sono proporzionali.

Le equazioni fino ad ora considerate non rivelano di per se stesse il comportamento del circuito, tuttavia indicano le relazioni numeriche che intercorrono tra volt, ampère, ohm e watt, ed in tali limiti contribuiscono a dare al lettore una conoscenza basilare.

La figura 14, costituita da un circolo diviso in 12 settori, è una dimostrazione sinottica della elaborazione di dette equazioni, le quali sono sistemate in ordine progressivo dal 1° al 12° settore, secondo l'ordine seguito nella spiegazione teorica.

E' opportuno tuttavia ricordare che anche questa figura non deve sostituire la conoscenza necessaria per ottenere, attraverso il ragionamento, le varie trasformazioni, bensì deve servire come aiuto per trovare un elemento incognito in funzione di altri, rapidamente.

PILE ed ACCUMULATORI

Vi sono diversi modi per produrre una tensione elettrica:

1) chimicamente, inserendo ad esempio due elettrodi rispettivamente di carbone e di zinco, in una soluzione di acido solforico ed acqua;
2) meccanicamente, muovendo un conduttore attraverso un campo magnetico in modo che esso tagli le linee di forza;
3) mediante frizione, come avviene quando un bastoncino di ebanite viene strofinato contro un panno di lana;
4) mediante esposizione al calore di una coppia di metalli diversi in contatto tra loro, come ad esempio rame e ferro;
5) mediante l'effetto piezoelettrico, basato sul fatto che alcuni cristalli emettono delle scariche elettriche quando vengono sottoposti a sollecitazioni meccaniche, ed infine,
6) mediante l'effetto fotovoltaico col quale si produce una tensione quando dei raggi luminosi colpiscono una speciale sostanza come ad esempio l'ossido di rame, o il selenio.

I primi due metodi permettono la realizzazione rispettivamente di batterie e di generatori; il terzo viene usato nella costruzione di generatori di elettricità statica ad alta tensione; il quarto viene utilizzato nei dispositivi detti *termocoppie* per la misura delle temperature: il quinto viene utilizzato per la produzione di microfoni a cristallo e di rivelatori fonografici, ed il sesto negli apparecchi per la misura e l'utilizzazione dell'intensità luminosa, (*fotocellule*).

Esamineremo nelle pagine che seguono i sistemi, tra quelli citati, che maggiormente hanno attinenza alle applicazioni radio soffermandoci a lungo, in questa lezione, sul sistema chimico (cellule primarie e secondarie, ossia pile ed accumulatori). Gli altri sistemi saranno oggetto di più dettagliata esposizione sul fascicolo prossimo.

Pile ed accumulatori hanno avuto rilevante importanza per il passato nella tecnica radio. Poichè gli apparecchi riceventi necessitano di una adeguata « alimentazione » di corrente in particolare per le loro valvole (vedremo più avanti come e perchè), in mancanza di dispositivi diversi si è dovuto sempre ricorrere a tali fonti sintanto che non si è riusciti ad utilizzare in loro luogo — con reale praticità — la normale rete di energia elettrica distribuita per l'illuminazione.

Oggi pile ed accumulatori — dopo un lungo periodo di abbandono ai fini dell'utilizzazione in radio — ritornano in auge in conseguenza dell'applicazione sempre più estesa dei « transistori » nuovi organi sostitutivi delle valvole che, a differenza di queste, non necessitano di molta energia e rendono così vantaggioso e più pratico, sotto diversi punti di vista, l'uso di batterie le cui dimensioni, tra l'altro hanno potuto essere notevolmente ridotte.

E' per tali motivi che, come abbiamo già accennato, a tali componenti dedicheremo le pagine che seguono in quanto pile ed accumulatori — con logici sviluppi e perfezionamenti — sono nuovamente destinati ad occupare un posto importante nella tecnica radio.

CELLULE VOLTAICHE

Quando due elementi dissimili — ad esempio il carbone e lo zinco (oppure il rame e lo zinco) — vengono immersi in una soluzione di acido solforico ed acqua, l'acido attacca lo zinco più rapidamente di quanto non faccia nei confronti del carbone, e tra i due elementi si verifica una differenza di potenziale.

Tale realizzazione costituisce *la cellula voltaica*, il cui scopo è di convertire l'energia chimica in energia elettrica.

Gli elementi vengono definiti *elettrodi*, e la soluzione acida prende il nome di *elettrolita;* se gli elementi devono essere eliminati perchè esauriti, al termine della loro durata, la cellula è detta **primaria**, mentre se possono essere riportati alle loro condizioni originali con ricarica a mezzo di sorgente esterna di energia elettrica, essa viene denominata **secondaria**.

CELLULE PRIMARIE

La cellula accennata sopra è del tipo primario.

Se si collega un conduttore esternamente agli elettrodi, gli elettroni scorrono dallo zinco (negativo) al carbone (positivo) attraverso il conduttore stesso, grazie alla differenza di potenziale, ritornando infine allo zinco attraverso la soluzione; dopo un certo periodo, l'elettrodo di zinco viene corroso a causa della azione corrosiva dell'acido. Se l'elettrodo negativo è circondato da ossigeno, si ossida come un combustibile, e — sotto questo riguardo — la cellula si comporta un po' come una fornace chimica nella quale l'energia sviluppata dallo zinco si trasforma in energia elettrica invece che in calore.

La **figura 1** illustra un semplice esemplare di cellula primaria, la quale consiste di due elettrodi (car-

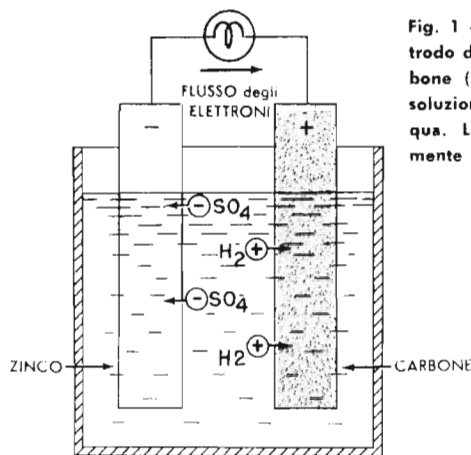



Fig. 1 - Cellula primaria. Un elettrodo di zinco (—) ed uno di carbone (+) sono immersi in una soluzione di acido solforico e acqua. La corrente scorre esternamente dal + al —.

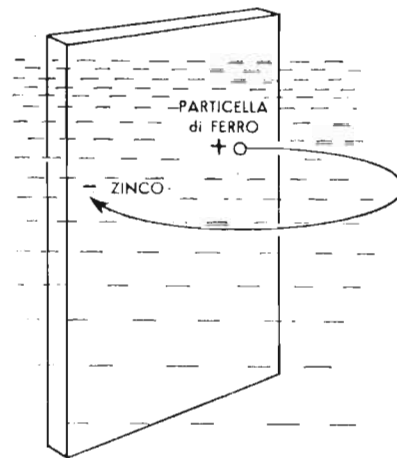



Fig. 2 - Una particella di ferro (impurità) contenuta nell'elettrodo di zinco costituisce con questo una microscopica cellula la cui attività continua anche se il circuito esterno è interrotto.

bone e zinco) e di un recipiente che contiene una soluzione diluita di acido solforico (H_2SO_4) e di acqua (H_2O) La tensione presente tra gli elettrodi è in relazione al materiale che li costituisce ed alla composizione della soluzione; la differenza di potenziale tra elettrodi di carbone e di zinco in una soluzione diluita di acido e acqua ammonta a circa 1,5 volt, e, nella maggior parte delle cellule primarie, la tensione prodotta non supera mai i 2 volt.

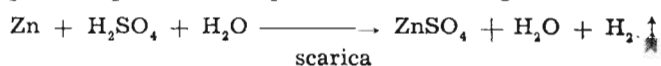
La corrente che può essere erogata da una pila primaria dipende dalla resistenza dell'intero circuito — compresa quella della pila stessa — la quale dipende a sua volta dalle dimensioni degli elettrodi, dalla loro distanza, nonchè dalla resistenza della soluzione. Maggiore è la superficie degli elettrodi e minore è la distanza tra di loro (purchè non si tocchino), minore è la resistenza interna, e maggiore la corrente che la pila può fornire all'eventuale carico.

Azione alla scarica

Quando la corrente scorre attraverso una cellula, lo zinco viene gradatamente dissolto nella soluzione, per cui l'acido viene neutralizzato; qualche volta si usa una equazione per dimostrare l'azione chimica che si verifica. I simboli usati in detta equazione rappresentano gli elementi usati, ossia *C* per il carbone e *Zn* per lo zinco. L'equazione è quantitativa in quanto stabilisce una relazione tra il numero delle parti componenti, in materiali usati prima e dopo l'ossidazione dello zinco.

Come sappiamo, tutta la materia è composta di atomi e di molecole, e, mentre il primo è la parte più piccola di un elemento, la seconda è la più piccola parte di una sostanza; quest'ultima non è che la combinazione chimica di due o più elementi, e le sue caratteristiche fisiche sono differenti da quelle degli elementi che la compongono. Ad esempio, una molecola di acqua, H_2O, è composta di due atomi di idrogeno H_2, e di uno di ossigeno O. Normalmente, sia l'idrogeno che l'ossigeno sono dei gas, ma, quando sono combinati tra loro in detta proporzione, essi costituiscono l'acqua, che è invece un liquido. Per contro, ad esempio, l'acido solforico H_2SO_4, e l'acqua H_2O costituiscono un miscuglio, (non una sostanza), in quanto la costituzione di entrambi i liquidi si mantiene inalterata quando sono mescolati in una soluzione.

Quando una corrente scorre in una pila primaria avente elettrodi di carbone e di zinco ed una soluzione di acido solforico ed acqua, la reazione chimica che si produce può essere espressa nel modo seguente:

$$Zn + H_2SO_4 + H_2O \xrightarrow[\text{scarica}]{} ZnSO_4 + H_2O + H_2 \uparrow$$

tale espressione indica che, non appena la corrente comincia a scorrere, una molecola di zinco si combina con una molecola di acido per formare una molecola di solfato di zinco ($ZnSO_4$), ed una molecola di idrogeno (H_2). Il solfato di zinco si dissolve nella soluzione, mentre l'idrogeno si sviluppa sotto forma di bolle gassose attorno all'elettrodo di carbone, e se la corrente continua a scorrere, l'elettrodo di zinco viene gradatamente consumato mentre la soluzione si trasforma in un'altra soluzione costituita da solfato di zinco ed acqua.

L'elettrodo di carbone non prende parte alla reazione chimica che si verifica, bensì si limita a costituire un mezzo di passaggio per la corrente stessa.

Durante il processo di ossidazione dello zinco, la soluzione si divide in ioni positivi e negativi i quali si muovono in direzioni opposte (vedi figura 1). Gli ioni positivi sono di idrogeno e appaiono in prossimità dell'elettrodo di carbone (positivo); essi vengono portati a tale elettrodo in quanto attratti dagli elettroni liberi dello zinco che ritornano alla cellula tramite il carico esterno e il terminale dell'elettrodo positivo in questione.

Gli ioni negativi sono di solfato di zinco ed appaiono in prossimità dell'elettrodo negativo di zinco.

Gli ioni positivi di zinco entrano a far parte della soluzione intorno all'elettrodo di zinco e si combinano con gli ioni negativi SO_4 per formare il solfato di zinco, sostanza grigiastra che si dissolve immediatamente nell'acqua.

Contemporaneamente al movimento in direzioni opposte degli ioni positivi e negativi in soluzione, gli elettroni si spostano verso il circuito esterno partendo dal terminale negativo di zinco e raggiungendo il terminale positivo di carbone attraverso il carico.

Quando lo zinco è esaurito, la tensione della pila si riduce a zero, e la differenza di potenziale presente tra il carbone ed il solfato di zinco in una soluzione di quest'ultimo in acqua, non è apprezzabile.

Polarizzazione

L'azione chimica che si verifica nella pila (figura 1)

Fig. 4 - Le cellule possono essere raggruppate in serie (A), in parallelo (B) o in serie-parallelo (C). In tal modo si aumenta rispettivamente la tensione, la corrente o entrambe.

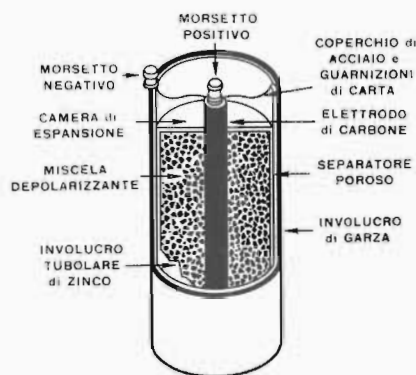
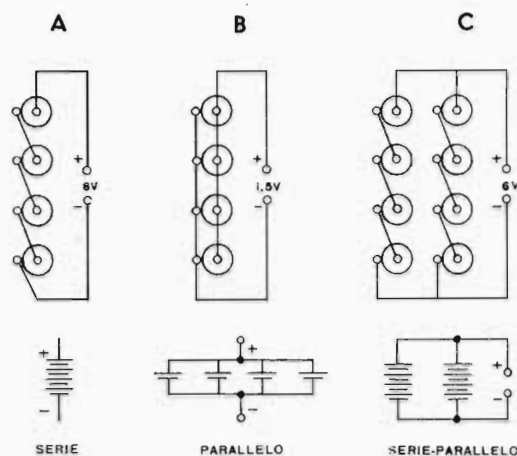



Fig. 3 - Pila Leclanché. L'elettrolita è una pasta densa, che non si disperde capovolgendo l'elemento. La tensione è di 1,5 volt, e la corrente varia a seconda della resistenza del carico e delle dimensioni della pila.

mentre la corrente scorre, provoca delle bolle di idrogeno le quali si formano in gran numero sulla superficie dell'elettrodo positivo di carbone finchè questo ne è completamente ricoperto. Tale azione si chiama *polarizzazione*. Alcune di queste bolle salgono alla superficie e si liberano nell'aria, tuttavia, molte di esse restano sull'elettrodo finchè non rimane spazio sufficiente affinchè se ne formino altre.

L'idrogeno tende a provocare una forza elettromotrice in senso opposto a quello della pila, aumentando di conseguenza la resistenza interna effettiva e riducendo quindi la corrente d'uscita e perciò anche la tensione.

Una pila considerevolmente polarizzata non ha praticamente corrente di uscita. Vi sono diversi metodi per evitare detta polarizzazione o per rimediare nei casi in cui si verifica: il più semplice consiste nel togliere l'elettrodo di carbone e nel pulirlo asportando le bolle di idrogeno; in tal modo, non appena viene nuovamente immerso nell'elettrolita, la tensione e la corrente ritornano al loro valore normale. Tale metodo non è però molto pratico in quanto nella cellula voltaica semplice la polarizzazione si verifica rapidamente e continuamente.

Una realizzazione commerciale di questo tipo di pila — nota sotto il nome di *pila a secco* — impiega una sostanza ricca di ossigeno come parte dell'elettrodo positivo di carbone, la quale si combina chimicamente con l'idrogeno per formare acqua. Uno dei migliori depolarizzanti usati è il biossido di manganese (MnO_2) che fornisce ossigeno libero in quantità sufficiente affinchè si combini con l'idrogeno presente, in modo che la pila sia praticamente esente da polarizzazione.

Azione locale

Quando il circuito esterno è aperto, la corrente cessa di scorrere, e, teoricamente, si blocca tutto il processo chimico. Tuttavia, poichè lo zinco commerciale contiene varie impurità come ad esempio ferro, carbone, piombo e arsenico, esse costituiscono varie cellule in seno allo stesso elettrodo di zinco, per opera delle quali la corrente scorre tra lo zinco stesso e le sue impurità. Per questo motivo lo zinco viene ossidato sebbene il circuito della pila sia aperto; tale azione di corrosione a circuito aperto si chiama *azione o effetto locale*. Ad esempio, supponiamo che una piccola cellula locale si trovi su di una piastra di zinco contenente impurità di ferro, come è illustrato nella **figura 2**. Gli elettroni scorrono tra lo zinco ed il ferro, e la soluzione che si trova attorno alle impurità si ionizza. Gli ioni negativi SO_4 si combinano con gli ioni positivi Zn e formano $ZnSO_4$, per cui l'acido va in soluzione e lo zinco si consuma.

L'azione locale può essere evitata (1) usando zinco puro (provvedimento non molto pratico), (2) ricoprendo lo zinco di mercurio, oppure (3) aggiungendo allo zinco una piccola percentuale di mercurio durante il suo processo di fabbricazione.

Il trattamento dello zinco con mercurio consiste nel formare un'amalgama di zinco. Poichè il peso del mercurio equivale a 13,6 volte quello di un eguale volume di acqua, le piccole particelle di impurità — che hanno un peso relativo inferiore a quello del mercurio — salgono sulla superficie di quest'ultimo, e la rimozione di dette impurità dallo zinco evita l'azione locale. Poichè il mercurio non viene attaccato facilmente dallo acido e continua ad agire sulle impurità anche quando la pila fornisce corrente ad un carico, esso le costringe ad abbandonare la superficie dello zinco ed a salire alla superficie. Tutto ciò aumenta notevolmente la durata della pila.

Tipi di pile

Vi sono due tipi di pile primarie: le *pile a liquido* e le *pile a secco*, e, sebbene in passato ne siano state usate molte del primo tipo, esse sono oggi in disuso a causa dei maggiori vantaggi delle seconde.

Pila Leclanchè — La pila a secco (chiamata anche pila Leclanchè) non deve intendersi a secco nel senso che non contiene soluzione, bensì viene così definita in quanto è fabbricata in modo tale che la soluzione non possa essere dispersa.

L'elettrolita esiste infatti sotto forma di una pasta, e la pila è sigillata i modo che il liquido contenuto non possa uscire. La **figura 3** illustra in sezione un tipo comune di pila a secco. Il contenitore è normalmente di zinco e funge da elettrodo negativo: esso è ricoperto internamente da uno strato di carta assorbente che impedisce il contatto con elettrodo positivo il quale è costituito da un bastoncino di carbone posto in centro rispetto all'intera pila. L'elettrodo positivo è

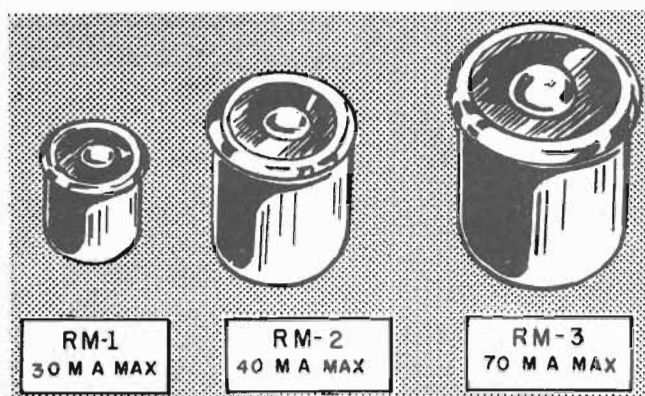



Fig. 5 - Cellule al mercurio dette « RM ». Erogano circa 1,25 volt costanti fino alla scarica completa.

Fig. 6 - Sezione di un accumulatore al piombo, e parti componenti.

circondato da una pasta formata da carbone, biossido di manganese, cloruro di ammonio e cloruro di zinco con la quale è a diretto contatto. Detto impasto viene inumidito mediante acqua, e se questa evapora, la pila diventa inattiva.

La forza elettromotrice di questo tipo di pila dipende dal materiale usato ed ammonta a circa 1,5 volt, indipendentemente dalle dimensioni, per cui la più piccola di esse dà, a circuito aperto, la medesima tensione della più grande.

Le batterie a secco sono adatte in prevalenza per usi discontinui, come ad esempio per lampadine tascabili, apparecchi portatili di prova, radio trasmettitori portatili, e piccoli motori a corrente continua. Se invece, viene richiesta una notevole corrente ininterrotta, la pila si polarizza e la tensione cade in maniera tale che essa risulta presto completamente scarica. Tuttavia, se la pila rimane inattiva un certo tempo, si depolarizza, e la tensione ritorna al suo valore normale.

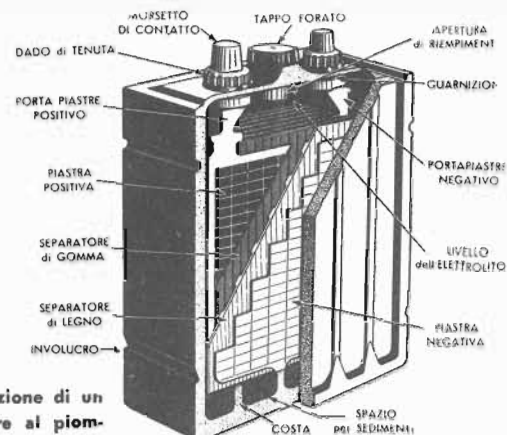
Molti dispositivi elettrici necessitano di una tensione o di una corrente maggiori di quelle che possono essere fornite da una sola pila, per cui è spesso necessario collegarne insieme un certo numero allo scopo di aumentare o la corrente, o la tensione, o entrambe. Un insieme di varie pile costituisce una *batteria*, ed il sistema col quale esse vengono collegate tra loro dipende dalle necessità, in quanto mentre il collegamento *in serie aumenta la tensione*, il collegamento *in parallelo aumenta la corrente*.

La **figura 4** mostra oltre a vari complessi costituiti da pile a secco collegate in serie, in parallelo ed in serie-parallelo, i vari simboli standard corrispondenti a tali collegamenti.

Per collegare *in serie* varie cellule e sommare le loro tensioni, è necessario che il *terminale positivo* di una di esse sia *collegato al terminale negativo della seguente*, lasciando liberi il polo negativo della prima ed il polo positivo dell'ultima, come illustrato in figura 4 A. La tensione totale della batteria equivale alla *somma delle singole tensioni*.

Alcune batterie sono costituite dalla combinazione di 15 di 30 e di 45 cellule in serie per avere rispettivamente delle tensioni di 22,5 e di 45, o di 67,5 volt.

La corrente di uscita di un complesso di batterie in serie *è eguale a quella di una sola cellula*.

Le cellule possono anche essere collegate *in parallelo*, collegando insieme e *tra loro* tutti *i poli negativi* e insieme e tra *loro tutti i poli positivi* onde avere un negativo ed un positivo unici, come è illustrato nella figura 4 B. In questo caso, mentre *la corrente totale equivale alla somma delle correnti* di ogni singola cellula, *la tensione* totale *equivale a quella di una sola cellula*. Occorre far rilevare che secondo quest'ultimo collegamento è necessario che tutte le cellule abbiano la medesima tensione e la medesima resistenza interna, altrimenti quella avente maggior tensione e minore resistenza interna costringerebbe la corrente a passare attraverso quella di tensione inferiore che sopporterebbe tutto il carico.

Un altro metodo di utilizzazione di più pile consiste nel collegamento in serie-parallelo come è illustrato nella figura 4 C. Le pile di ogni gruppo sono collegate in serie tra loro, mentre i due gruppi sono tra loro in parallelo. Tale sistema, nell'esempio citato, porta la tensione al quadruplo di quella di una sola cellula, e la corrente al doppio.

Batteria a secco tipo RM — Durante questi ultimi anni, la necessità di una pila a secco che sopportasse i climi tropicali e l'umidità, portò allo sviluppo della pila RM, detta anche pila « Ruben » e « Mercury ».

Trattasi di una pila di fabbricazione più costosa del tipo precedente, ma presentante il vantaggio di produrre una corrente da quattro a sette volte superiore e di avere una tensione molto più costante. La pila RM si presenta sotto forma di un cilindro di diametro da 8 a 25 mm, con un'altezza dai 3 mm ai 15 mm (**figura 5**).

La corrente elettrica della pila RM si produce grazie ad una reazione chimica che avviene tra lo zinco e l'ossido di mercurio. L'elettrodo positivo è un miscuglio di ossido di mercurio e di carbone contenuto in un recipiente di ferro, mentre l'elettrodo negativo è formato da un disco di zinco posto al centro del recipiente. L'elettrolita è costituito da una soluzione di idrossido di potassio. La tensione a circuito aperto è di 1,34 volt, mentre col carico scende a valori compresi tra 1,31 e 1,24 volt e — sebbene la tensione sotto carico sia inferiore a quella della normale pila a secco di circa 0,2 volt — la pila RM mantiene la tensione praticamente costante durante tutta la sua durata. L'uso principale è riservato ai radio-trasmettitori portatili e ad altre piccole apparecchiature elettroniche.

CELLULE SECONDARIE

Come è stato detto precedentemente, si intende, per

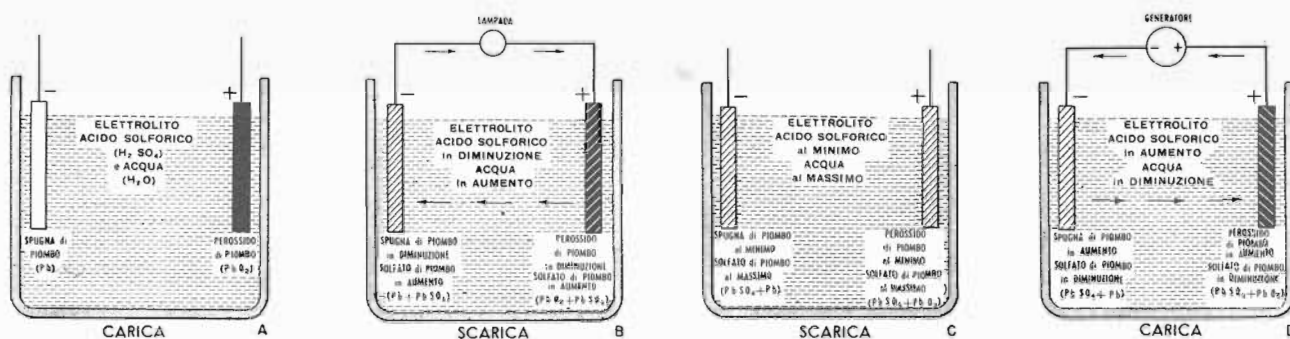



Fig. 7 - Quattro fasi successive dell'attività di una cellula secondaria. E' facile notare le varie reazioni chimiche durante la scarica e la ricarica.

pila secondaria, quella i cui elementi possono essere riportati allo stato iniziale mediante ricarica a mezzo di energia elettrica per cui, quando la corrente di carica scorre attraverso detta pila in senso opposto a quello di scarica, sia la soluzione che gli elettrodi ritornano alle condizioni originali. La cellula secondaria viene usata sotto forma di batteria (due o più cellule collegate tra loro), nelle automobili, nelle motobarche, negli aereoplani, nei sottomarini ecc.; queste batterie sono note sotto il nome di **accumulatori elettrici**.

Oggigiorno vi sono due tipi di accumulatori: 1) il tipo a piombo e 2) il tipo al ferro-nichel in soluzione alcalina (Edison) oppure al nichel-cadmio sempre in soluzione alcalina. Il primo tipo è quello più comunemente usato. La **figura 6** illustra un tipo di accumulatore al piombo in veduta sezionata.

Azione chimica

La natura delle reazioni chimiche che si verficano in un accumulatore al piombo è piuttosto elaborata, ma la seguente, breve descrizione, sarà sufficiente per dare una idea del ciclo che si manifesta durante la carica e durante la scarica.

Quando una cellula è completamente carica (**figura 7-A**) il materiale attivo della piastra positiva è costituito da ossido di piombo, PbO_2, e quello della piastra negativa da piombo puro spugnoso, Pb.

Il peso specifico dell'elettrolita (ossia il suo peso relativo nei confronti di un eguale volume di acqua) è al suo valore massimo. In tali condizioni l'energia chimica viene, per così dire, immagazzinata. La tensione a circuito aperto, (ossia in assenza di carico e quindi di assorbimento) è leggermente superiore a 2 volt.

Se tra il polo positivo e quello negativo si chiude un circuito esterno, a causa dell'azione chimica dell'elettrolita sul materiale attivo si ha un passaggio di corrente, per cui l'energia chimica viene trasformata in energia elettrica. In questo caso si dice che la batteria è sotto scarica, (**figura 7-B**). L'elettrolita reagisce col piombo della piastra negativa e col perossido di piombo della piastra positiva, per formare su entrambe del solfato di piombo.

Allo stato di carica la piastra positiva contiene perossido di piombo PbO_2. La piastra negativa è costituita da piombo spugnoso Pb, e la soluzione contiene acido solforico H_2SO_4.

Allo stato di scarica entrambe le piastre contengono solfato di piombo, $PbSO_4$, e la soluzione contiene solo acqua, H_2O. Infatti, durante il processo graduale di scarica, il contenuto acido dell'elettrolita diminuisce progressivamente in quanto si esaurisce per la produzione di solfato di piombo; il peso specifico della soluzione diminuisce, fino al momento in cui la quantità di materiale attivo trasformata in solfato di piombo è tale che la cellula non può più produrre una corrente apprezzabile per impieghi pratici. A questo punto si dice che la cellula è scarica (**figura 7-C**).

Poichè la quantità di acido solforico che si combina con le piastre in ogni istante del tempo di scarica è in diretta proporzione agli ampèrora (ossia al prodotto tra la corrente in ampère ed il tempo in ore) di scarica, il peso specifico dell'elettrolita costituisce una buona guida per la determinazione dello stato di carica dell'accumulatore.

Se la cellula scarica viene correttamente collegata ad una sorgente di corrente continua di carica — la cui tensione sia leggermente più alta di quella della cellula stessa — la corrente scorre in senso opposto a quello della corrente di scarica, ed in questo caso si dice che la cellula è sotto carica (**figura 7-D**). L'effetto di tale corrente consiste nel ritrasformare nelle rispettive condizioni originali — di perossido di piombo e di piombo spugnoso — il solfato di piombo presente su entrambe le piastre. Contemporaneamente, l'acido viene restituito alla soluzione elettrolitica con conseguente aumento del peso specifico di quest'ultima, e, quando la reazione dovuta alla ricarica ha raggiunto l'apice, detto peso specifico ha il suo valore massimo: la cellula è completamente carica e pronta perciò per essere riutilizzata ossia scaricata di nuovo.

E' necessario ricordare sempre che l'aggiunta di acido solforico ad un accumulatore scarico non lo ricarica, bensì aumenta semplicemente il peso specifico dell'elettrolita senza convertire il solfato di piombo presente sulle piastre in materiale attivo (piombo spugnoso e perossido di piombo) e senza quindi riportare la cellula alle condizioni di carica, per ottenere la quale è necessario, come si è detto, un passaggio di corrente in senso opposto.

Quando la carica di un accumulatore sta per essere completata, l'idrogeno, H_2, e l'ossigeno, O_2, si sviluppano sotto forma di gas liberi, rispettivamente in prossimità dell'elettrodo negativo e di quello positivo; ciò si verifica in quanto la corrente di carica è maggiore

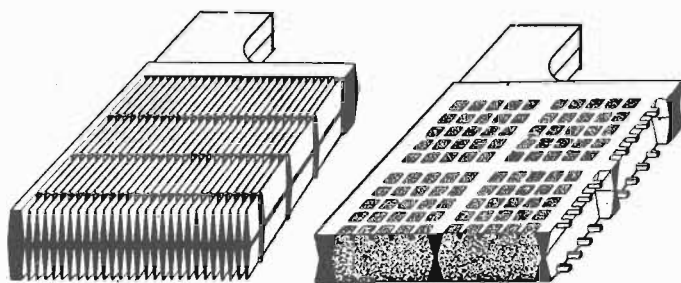



Fig. 8 - Piastra « Plantè » a piombo spugnoso.

Fig. 9 - Piastra a pastiglia, più leggera.

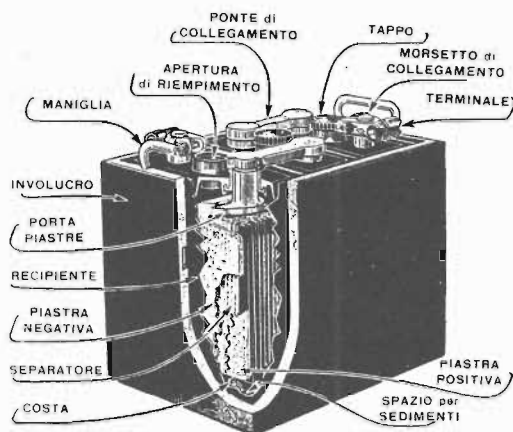



Fig. 10. - Batteria di accumulatori: 3 elementi

di quella necessaria per ridurre il piccolo quantitativo di solfato di piombo ancora presente sulle piastre, per cui l'eccesso di corrente ionizza l'acqua della soluzione.

Tale fenomeno testimonia che la carica dell'accumulatore è stata effettuata completamente.

Piastre a pastiglia

Gli accumulatori al piombo vengono realizzati con una varietà di tipi di piastre, varietà che si estende dal tipo a piombo spugnoso (Planté) — **figura 8** — al tipo più leggero, a pastiglia (vedi **figura 9**).

Il primo tipo, per riattivare il materiale al suo giusto grado, richiede cariche e scariche ripetute; il procedimento è lento e costoso. Nel 1881 Camille Faure realizzò in Francia, un miglioramento radicale nella costruzione di accumulatori costruendo un tipo di piastra a pastiglia, che poteva essere fabbricata con un procedimento molto più economico. Tale tipo viene oggi usato comunemente nella maggior parte degli accumulatori portatili. Esso viene costruito applicando speciali pastiglie di ossido di piombo ad una griglia realizzata con una lega di piombo e antimonio, il cui compito è solo quello di alloggiare il materiale attivo — che ne riempie gli spazi liberi — e di distribuire uniformemente la corrente su tutta la superficie.

Quando le pastiglie sono asciutte, si dà alle piastre una carica di formazione. La si esegue immergendole nella soluzione elettrolitica e facendole attraversare da una corrente in direzione appropriata, in modo tale che si trasformino in perossido di piombo sulla piastra positiva ed in piombo spugnoso sulla piastra negativa. Questi tipi di piastre richiedono minor tempo per la loro produzione; il loro peso è inferiore in confronto a quelle del tipo Planté, ma queste ultime sono però più robuste e di maggior durata.

Elementi a cellule

Le piastre possono essere raggruppate in gruppi positivi e negativi, e quando tali gruppi vengono riuniti in un unico accumulatore esso prende il nome di *elemento a cellule* (**figura 10**).

Il numero delle piastre negative è sempre superiore di uno a quello delle piastre positive, in modo che entrambi i lati di ogni piastra positiva prendono parte alla reazione chimica. Sulle piastre positive il materiale attivo si espande e si contrae rispettivamente quando la batteria viene caricata o scaricata, e sia l'espansione che la contrazione devono essere mantenute eguali su entrambi i lati per evitare che la piastra si fletta.

Tra il polo positivo e il polo negativo vengono inseriti dei distanziatori di legno, di ebanite o di vetro, che fungono da isolanti (figura 10); essi sono zigrinati verticalmente da un lato e levigati dall'altro. Il lato zigrinato viene posto in prossimità della piastra positiva per permettere la libera circolazione dell'elettrolita intorno al materiale attivo.

Le figure 6 e 10 illustrano tipi di accumulatore al piombo nei quali i terminali negativo e positivo si estendono attraverso il coperchio. Ogni cellula reca un foro munito di tappo a vite per permettere il riempimento e la verifica: il tappo, a sua volta, porta un piccolo foro che costituisce un punto di sfogo per i gas che si formano durante la carica.

Un comune accumulatore portatile da 6 volt consiste di tre cellule montate in un apposito recipiente di ebanite (monoblocco). Il recipiente non può essere di metallo a causa dell'acidità dell'elettrolita; ogni cellula è contenuta in un scompartimento impermeabile e limitato da separatori, inattaccabili dall'acido. Le cellule sono collegate in serie mediante sbarrette in lega di piombo, unite ai terminali delle cellule adiacenti mediante saldatura con piombo fuso. Lo spazio interposto tra la carcassa esterna e gli scompartimenti viene riempito con materiale a prova di acido, che sigilla gli elementi, isolandoli tra loro; questo materiale è costituito da un miscuglio di catrame e di materiali bituminosi, trattati in modo tale che rimangano allo stato solido alle temperature più alte e che non si incrinino alle più fredde.

Ogni cellula di una batteria viene riempita di elettrolita consistente di acido solforico concentrato e di acqua distillata: esso conduce la corrente elettrica tra il polo positivo e quello negativo internamente alla batteria, e reagisce chimicamente col materiale attivo delle piastre così come abbiamo dettagliatamente esposto.

Accumulatori al ferro-nichel

Questo tipo, detto cellula Edison, è formato da elettrodi positivi di ossido di nichel espanso e da elettrodi negativi di polvere di ferro pressata, mentre la soluzione elettrolitica è a base di idrossido di potassio. Tale tipo di cellula ha una capacità in chilowattore per chilo del suo peso, maggiore del tipo a piombo, e può

Fig. 11 - Densimetro a siringa per il controllo del peso specifico di una soluzione. La posizione del galleggiante indica la densità dell'elettrolita.

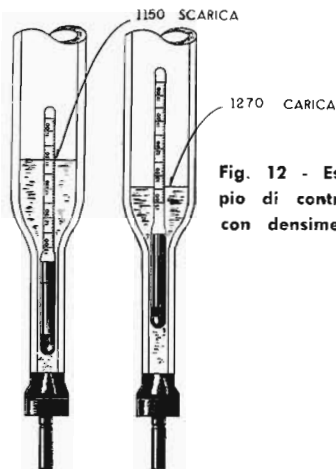
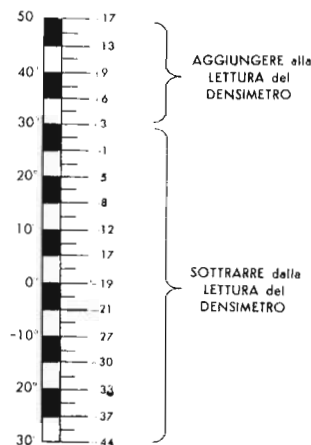



Fig. 12 - Esempio di controllo con densimetro.

Fig. 13 - Tabella di correzione della lettura di un densimetro, necessaria alle varie temperature della soluzione maggiori o minori di 27°C.

restare per un tempo illimitato sia in stato di carica che di scarica, senza subire avarie. Per contro però, si ha evaporazione durante la scarica, e la tensione di ogni elemento che è di 1,2 volt sotto carico, è solo pressapoco la metà di quella del tipo a piombo. L'accumulatore al ferro-nichel ha inoltre una resistenza interna più elevata, la quale aumenta col diminuire della temperatura.

Accumulatori al nichel-cadmio

Si tratta di un tipo sviluppato e perfezionato in questi ultimi anni per l'utilizzazione sugli aerei e in tutte le contingenze nelle quali si richieda una riduzione di peso; essendo basato su reazioni eminentemente alcaline, rimedia alla maggior parte degli svantaggi del tipo Edison.

Esso consta di venti unità, collegate in serie in modo da fornire una tensione di 24 volt, contenute in un involucro di acciaio inossidabile. L'elettrolita si presenta più come una pasta che come un liquido, ed ogni elemento è chiuso ermeticamente. Una volta sigillati, questi accumulatori non necessitano più di alcuna manutenzione, come ad esempio aggiunta di acqua distillata o verifica del peso specifico della soluzione. La corrente erogata è eguale a quella del tipo a piombo ed acido, con la differenza che l'autonomia è circa doppia.

PESO SPECIFICO

Il peso specifico è un mezzo standard per esprimere il rapporto tra il peso di qualsiasi volume di un liquido, ed il peso di un egual volume di acqua. Si è convenuto per l'acqua distillata un peso specifico di 1; una sostanza che pesa due volte e mezza rispetto ad un egual volume di acqua, ha un peso specifico di 2,5. L'acido solforico non diluito, per accumulatori, ha un peso specifico di 1,835.

Il peso specifico di una soluzione di acido solforico diluito in acqua, varia col variare della densità della soluzione, e man mano che la batteria si scarica, l'elettrolita diventa più debole, (rimane solo acqua) il che come abbiamo visto, porta ad un sistema conveniente per determinare le condizioni di carica. La soluzione normalmente usata per gli accumulatori ha un peso specifico di 1,3.

Poichè l'acido solforico è un liquido pesante, maggiore è la sua proporzione rispetto all'acqua, maggiore è il peso specifico della soluzione.

Il peso specifico dell'elettrolita di una batteria completamente carica varia da 1,27 a 1,30, mentre a scarica completa, scende fino a 1,15.

Per misurare il peso specifico di un elettrolita, si usa un *densimetro* del tipo a siringa, visibile in **figura 11.** Si aspira una parte della soluzione nel tubo di vetro che contiene un galleggiante graduato, costituito a sua volta da un tubo di vetro contenente aria, col collo allungato e col fondo appesantito.

La scala posta lungo il collo è graduata da 1,10 a 1,30. Il galleggiante assume una posizione che dipende dalla densità dell'elettrolita, in quanto minore è il peso specifico, più il galleggiante affonda (**figura 12**).

Dopo aver effettuata la lettura, occorre premere la sfera di gomma del densimetro per restituire alla cellula il liquido prelevato.

Il peso specifico (p.s.) dell'elettrolita è in funzione anche della sua temperatura poichè diminuisce quando la soluzione si riscalda, e viceversa. Se la temperatura della batteria varia notevolmente da quella di 27° C, è necessario correggere la lettura del densimetro, (**figura 13**), ossia aggiungere o sottrarre un millesimo ogni 1,5 gradi, rispettivamente in eccesso o in difetto, alla temperatura base di 27° C.

Consideriamo i due esempi seguenti:

se a 36°C il peso specifico è di 1,210 si ha un peso effettivo di 1,210 + 0,006 = 1,216 a 27°C,

se a 18°C il peso specifico è di 1,280, la correzione riferita a 27°C dà un peso di 1,280 — 0,006 = 1,274.

L'elettrolita di una batteria deve essere al suo livello normale al momento in cui si effettua la lettura, poichè se detto livello è inferiore, la densità è troppo alta, mentre se è superiore, avviene il contrario, essendo l'elettrolita troppo debole.

La tensione a circuito aperto (tensione senza corrente di scarica) di una cellula in cui il peso specifico dell'elettrolita sia di 1,28 è di circa 2,1 volt. Quando invece viene applicato un carico, la resistenza interna può fare in modo che la tensione scenda a 2 volt o meno.

MISCELE di ELETTROLITI

L'elettrolita di una batteria completamente carica contiene di solito il 38% del suo peso in acido solforico, corrispondente al 27% del volume, e, nella sua preparazione si usa esclusivamente acqua distillata. A vol-

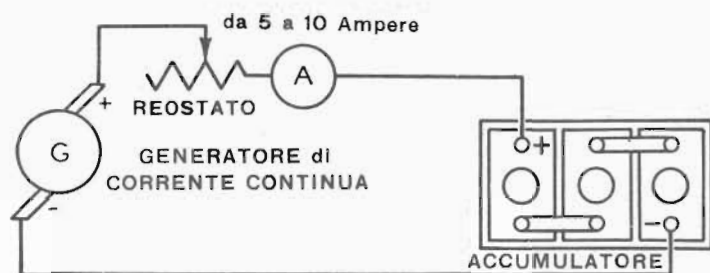



Fig. 14 - Disposizione del circuito per la carica di accumulatore o di una batteria di accumulatori. Si usa un generatore di corrente continua, un reostato che regola il regime di corrente, ed un amperometro che ne controlla l'ammontare. La durata della carica dipende dalla corrente erogata dal generatore, che non deve essere eccessiva per non danneggiare le piastre a causa di reazioni chimiche troppo violente.

te le batterie nuove vengono fornite unitamente a dei contenitori pieni di acido solforico concentrato con peso specifico di 1,835 o di elettrolita con peso specifico di 1,40; entrambi devono essere diluiti in acqua distillata al fine di raggiungere il peso specifico opportuno, (i contenitori di cui sopra sono normalmente di vetro, di terra refrattaria, di ebanite o di piombo).

Nella preparazione di elettroliti, è sempre necessario **aggiungere l'acido alla acqua** e mai l'acqua all'acido, e procedere molto lentamente onde evitare l'eccessivo sviluppo di calore o la dispersione dell'acido i cui spruzzi, se raggiungono l'operatore, possono essere estremamente pericolosi. Si deve avere anche la precauzione di agitare continuamente la soluzione con un corpo non metallico onde facilitare la mescolazione tra l'acido più pesante e l'acqua più leggera, ed evitare che il primo si depositi sul fondo. Quando l'acido è ben diluito, la soluzione si scalda notevolmente.

CAPACITA'

Come abbiamo detto precedentemente, la capacità di una batteria viene espressa in ampère/ora (Ah), che equivalgono al prodotto tra la corrente in ampère ed il tempo in ore durante il quale detta corrente può essere erogata. Tale capacità varia in proporzione inversa rispetto alla corrente di scarica. Le dimensioni di una cellula vengono determinate generalmente dalla sua capacità, che, a sua volta, dipende da molti fattori, i più importanti tra i quali sono: (1) la superficie delle piastre in diretto contatto con la soluzione elettrolitica, (2) la quantità ed il peso specifico di quest'ultima, (3) il tipo dei distanziatori o separatori, (3) le condizioni generali della batteria (grado di solfatazione, foratura delle piastre, corrosione dei separatori, sedimenti sul fondo, ecc.) ed infine (5) la tensione finale limite.

CARICA

Non è necessario che la batteria venga ricaricata ogni volta che il peso specifico della soluzione diminuisce di alcuni punti, in quanto, se la batteria viene sovraccaricata, si ha una produzione eccessiva di gas, e ciò può causare un logorio prematuro del materiale attivo che costituisce le piastre.

Quando il peso specifico di una batteria sottoposta ad uso intermittente o ad un periodo di breve attività, scende a 1,18 rispetto ad una lettura, in stato di carica, oscillante tra 1,21 e 1,22 allora essa deve essere sottoposta a ricarica. Una batteria completamente scarica il cui elettrolita abbia un peso specifico dell'ordine di 1,06 deve essere sempre ricaricata immediatamente e completamente.

Rapporto e tempo di carica

Ogni batteria deve essere caricata secondo i dati forniti dal fabbricante, ed in mancanza di questi, secondo le tabelle disponibili e relative ai vari tipi di batterie: è inoltre opportuno ricordare che in nessun caso la portata deve essere alta al punto tale da produrre una violenta ebollizione con emissione di gas, e che *la temperatura dell'elettrolita non deve mai superare i 52°C.*

La carica deve essere protratta fino al punto in cui la batteria è completamente carica. Durante il processo è necessario controllare frequentemente il peso specifico. Tali letture devono essere corrette sulla temperatura di 27°C e confrontate con quelle ottenute prima di iniziare la ricarica: se si conosce l'aumento del peso specifico in punti per ampère/ora, il tempo approssimativo necessario per una carica completa è dato da

$$\frac{\text{aumento del peso specifico in punti fino a carica completa x regime di carica in ampère}}{\text{aumento del peso specifico (in punti per Ah)}}$$

Emissione di gas

Quando una batteria è sotto carica, una parte dell'energia viene dissipata nell'elettrolisi dell'acqua costituente l'elettrolita, per cui l'idrogeno si libera dall'elettrodo negativo e l'ossigeno da quello positivo, gorgogliando attraverso il liquido e liberandosi nell'aria alla superficie. Se tale emissione si manifesta violentemente, non appena la batteria viene messa sotto carica, ciò significa che la portata di carica è eccessiva, mentre se ciò non avviene, le condizioni di carica completa vengono denunciate da una ebollizione normale che aumenta con l'aumentare della carica.

Poichè un miscuglio di idrogeno e di aria è pericoloso in quanto costituisce un esplosivo, è opportuno evitare la presenza di sigarette accese, di scintille elettriche, o di fiamma in prossimità della batteria sotto carica.

SIMBOLI - ABBREVIAZIONI

Ah = Amperora
CV = Cavallo = 736 watt
E = Tensione (in volt, mV, ecc.)
G = Conduttanza in mho
HP = Horse Power, = Cavallo vapore
kwh = kilowattore, = 1.000 watt all'ora
mho = Unità di conduttanza
Mwh = Megawattore = 1.000 kwh
P = Potenza (in watt)
wh = Wattore, = 1 watt all'ora, = 3.600 j
X = Asse orizzontale nei grafici
Y = Asse verticale nei grafici
μmho = Micromho, = 1/1.000.000 di mho
℧ = Simbolo di mho

FORMULE

$E = I \times R$
$E = P : I$
$E = \sqrt{P \times R}$
$G = 1 : R$
$I = E \times G$
$I = E : R$
$I = P : E$
$I = \sqrt{P : R}$
$P = E \times I$
$P = E^2 : R$
$P = I^2 \times R$
$R = E : I$
$R = E^2 : P$
$R = P : I^2$
$W = E \times I \times t$
$W = E^2 : Rt$
$W = I^2 \times Rt$
$W = P \times t$
$W = Q \times E$

SEGNI SCHEMATICI

= Generatore di corrente continua
= Generatore di corrente continua
= Lampadina a filamento incandescente

DOMANDE sulle LEZIONI 10ª e 11ª

N. 1
Quanti tipi di circuiti esistono?

N. 2 -
A quanto ammonta la tensione presente ai capi di una resistenza di 15 kohm, se la corrente che la percorre è di 35 milliampère?

N. 3 -
Cosa si intende per «conduttanza»?

N. 4 -
Un ferro da stiro elettrico dissipa una potenza di 900 W con una tensione di 110 V. Determinare la corrente che percorre la resistenza.

N. 5 -
Quale è la conduttanza di una resistenza in micromho se la corrente che la percorre è di 0,25 ampère e la tensione è di 100 volt?

N. 6 -
Cosa si intende per «kilowattora»?

N. 7 -
Tre resistenze, R1 di 35 ohm, R2 ed R3 di valore incognito sono collegate in serie, ed ai due terminali estremi è applicata una tensione di 120 V. Supponendo che la caduta di tensione ai capi di R2 sia di 30 V, e che la corrente circolante sia di 1,5 A., determinare: a) la resistenza di R2, b) la resistenza di R3, c) la potenza totale dissipata, d) la caduta di tensione presente ai capi di R3, e) la caduta di tensione ai capi di R1, ed f) la conduttanza totale del circuito in micromho.

N. 8 -
Quale è la differenza tra una cellula primaria ed una secondaria?

N. 9 -
Verso quale elettrodo si spostano gli ioni negativi in una cellula secondaria sotto carica?

N. 10 -
Quali sono gli effetti della polarizzazione sulla resistenza interna, sulla tensione e sulla corrente di uscita di una pila a secco?

N. 11 -
Quale è il compito del biossido di manganese nelle pile a secco?

N. 12 -
Se 10 pile da 1,5 V vengono collegate in serie, quale tensione si ottiene? Qual'è la corrente massima disponibile se ogni pila può erogare 1 ampère?

N. 13 -
Durante la scarica di un accumulatore, il peso specifico dell'elettrolita aumenta o diminuisce?

N. 14 -
Perchè i tappi degli elementi di un accumulatore sono forati?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 65

N. 1 - La ricezione contemporanea di due o più emittenti dovuta a scarsa selettività da parte del ricevitore.

N. 2 - Tre: l'alimentatore, l'oscillatore, ed il modulatore. Il complesso irradiante, ossia l'antenna, può essere considerato un quarto settore dell'intero impianto.

N. 3 - Quella parte di un apparecchio elettronico, sia esso un trasmettitore, un ricevitore o uno strumento di qualsiasi genere, nella quale il segnale entra ed esce dopo aver subito una modifica, nella forma o nell'ampiezza o nella frequenza.

N. 4 - La rivelazione, ossia la separazione dell'onda modulante dall'onda portante.

N. 5 - Un conduttore avvolto in spire isolate tra loro. Il suo compito è di costituire un valore induttivo, ossia di creare campi magnetici conformi alle correnti che la percorrono.

N. 6 - Di aumentarne o diminuirne l'induttanza, a seconda che venga introdotto più o meno nell'avvolgimento.

N. 7 - In due armature, semplici o complesse, costituite da materiale conduttore, reciprocamente affacciate senza toccarsi. Ha il compito di determinare una capacità, ossia di immagazzinare energia elettrica.

N. 8 - Quando è costituito da una armatura fissa e da una mobile, il cui spostamento varia la capacità.

N. 9 - Il magnete permanente, l'avvolgimento e la membrana vibrante detta anche «diaframma».

N. 10 - Quello di mantenere la membrana sempre leggermente concava, anche in assenza di segnale. In tal modo essa può riprodurre le oscillazioni sia negative che positive.

N. 11 - Quello di rivelare separando la frequenza di modulazione dalla frequenza portante.

N. 12 - In base al principio del cristallo: esso infatti consente il passaggio della corrente in un unico senso, per cui all'uscita è presente una sola semionda di ogni Hertz.

N. 13 - Che la curva di risonanza del o dei circuiti oscillanti sia stretta, per cui, una volta effettuata la sintomia, una sola frequenza riesce a passare.

N. 14 - Aumentando i circuiti di selezione.

N. 15 - Eliminare l'alta frequenza che sopravvive alla rivelazione fugandola a massa.

N. 16 - In tre modi: variando la capacità, oppure variando l'induttanza, o variandole entrambe.

N. 17 - Perchè ogni circuito di selezione, sia esso semplice o a trasformatore, comporta una diminuzione della ampiezza del segnale dovuta alla resistenza ohmica delle induttanze.

N. 18 — Per evitare che le capacità e le induttanze parassite dei collegamenti stessi influiscano dannosamente sul funzionamento.

TABELLA 21 - COSTANTI FISICHE dei METALLI

METALLO	Resistenza in ohm/m mm²	Peso spec. in g/cm³	Temperatura fusione in C°	Aumentò res. C° per
Alluminio	0,028	2,70	660	0,430
Antimonio	0,410	6,62	630	0,360
Argentana	0,385	8,45	998	0,036
Argento	0,016	10,50	960	0,377
Berillio	0,100	1,85	1.280	0,400
Bismuto	1,200	9,80	270	0,400
Bronzo	0,175	8,50	905	0,390
Bronzo fosforoso	0,080	8,82	1.050	0,400
Cadmio	0,075	8,64	321	0,470
Cobalto	0,110	8,85	1.480	0,360
Costantana (55/45)	0,500	8,92	1.210	0,010
Cromo	0,925	7,10	1.820	0,510
Duralluminio	0,055	2,80	655	0,455
Electron	0,065	1,87	652	0,380
Ferro dolce	0,148	7,85	1.350	0,620
Ferro Nichel (75/25)	0,900	8,02	1.348	0,635
Ghisa	0,6-1,6	7,35	1.210	—
Litio	0,098	0,54	180	0,680
Magnesio	3,750	1,74	649	0,425
Manganina	0,440	8,50	1.200	0,000
Mercurio	0,958	13,55	-38,9	0,090
Molibdeno	0,052	10,20	2.630	0,035
Nichel	0,080	8,85	1.452	0,620
Nichelcromo (80/20)	1,020	8,30	1.353	0,750
Oro	0,023	19,32	1.063	0,400
Ottone	0,073	8,47	920	0,388
Piombo	0,212	11,37	327	0,430
Platino	0,985	21,40	1.771	0,360
Rame	0,175	8,89	1.083	0,400
Selenio	—	4,90	221	—
Silicio	0,595	2,35	1.416	—
Stagno	0,120	7,38	231	0,450
Stagno Piombo (60/40)	0,135	9,90	238	0,465
Tantalio	0,152	16,60	3.030	0,310
Tellurio	—	6,25	453	—
Titanio	—	4,50	800	—
Tungsteno	0,055	19,15	3.370	0,450
Uranio	—	18,70	1.695	—
Vanadio	0,061	5,70	1.820	—
Zinco	0,062	7,14	419	0,370

TABELLA 22 - ELENCO e CARATTERISTICHE degli ELEMENTI VOLTAICI PRIMARI

NOME	CATEGORIA	TIPO	ELETTRODO POSITIVO	ELETTRODO NEGATIVO	SOLUZ. ELETTROLITICA	DEPOLARIZZAZIONE	f.e.m. volt
Al Bicromato	Normale	a liquido	Carbone	Amal. Zinco	Acido solforico	Bicrom. Potas.	2 (circa)
Bunsen	»	»	»	»	»	Acid. Nitrico	1,8 »
Bunsen	»	»	»	»	Acido cromico	»	2 »
Daniell	»	»	Rame	»	Acido solforico	Solf. di Rame	1 »
Daniell (Kelwin)	Campione	»	»	»	Solf. Rame, Zinco		1,072
Fery Oxair	Normale	a secco	Carbone	»	Cloruro di Amm.	Ossigeno	1,3 (circa)
Latimer Clark	Campione	»	Mercurio	»	Solf. di Mercurio e di Zinco	-	1,43
Leclanché	Normale	a »	Carbone	»	Cloruro di Amm.	Bioss. Mang.	1,5 »
Volta	»	a liquido	Rame	Zinco	Acido solforico		1 »
Weston	Campione	a secco	Mercurio	Amal. Zinco	Solf. Mercurio e Cadmio	—	1,0188
Weston	Normale	»	»	»	Solf. Mercurio e Cadmio (con Cad. in eccesso)	—	1,0183 »

Come di consueto, riportiamo in questa lezione alcune tabelle che hanno attinenza sia con la materia svolta nel presente fascicolo, sia, naturalmente, con gli argomenti già tratti o che tratteremo in seguito.

La tabella 21 relativa alle costanti fisiche dei vari metalli e di alcune leghe, dimostrerà la sua utilità allorchè sarà necessario farsi un concetto della resistenza elettrica specifica, delle variazioni della stessa a causa della temperatura, e di altre importanti caratteristiche dei vari metalli usati in elettronica. Aiuterà ad esempio a comprendere per quale motivo la resistenza ohmica del filamento di una qualsiasi lampada varia a seconda che detto filamento sia spento o incandescente.

Potranno inoltre presentarsi dei casi in cui occorrerà determinare il peso di un componente metallico conoscendone il volume, o la temperatura di fusione, che non dovrà essere raggiunta o superata per ragioni di sicurezza.

La tabella 22 elenca i tipi e le caratteristiche delle principali pile primarie fino ad oggi note. Tra i tipi citati, alcuni portano — nella colonna della categoria — la voce « campione »; è bene chiarire tale concetto.

Esistono casi in cui, per compiere misure o per ottenere determinati risultati, è necessario poter disporre di una sorgente di tensione la cui d.d.p. sia rigorosamente esatta e costante. A tale scopo vengono adottate appunto le pile campione, che si differenziano dalle pile normali per due motivi. Innanzitutto, i materiali che le compongono sono scelti tra i meno sensibili alle variazioni di temperatura — per cui la tensione si mantiene costante nonostante le variazioni eventuali della temperatura ambiente — in secondo luogo, esse erogano correnti più deboli delle pile normali, in quanto il loro uso non è riservato all'accensione di lampade tascabili, di filamenti, ecc. e cioè all'alimentazione di circuiti aventi un certo consumo, bensì hanno il compito di fornire, per un tempo indeterminato, una tensione costante, che serve o per confronto con una altra, o per determinare a sua volta fenomeni indiretti. Esistono, ad esempio, speciali strumenti usati negli ospedali, che, per il funzionamento, hanno bisogno di una sorgente di tensione costante, detta « tensione di repere »; con essa vengono confrontate le tensioni emesse dai muscoli del corpo umano in movimento: si tratta degli elettrocardiografi che a tempo debito illustreremo, nelle lezioni dedicate alle varie applicazioni dell'elettronica.

Nella sesta lezione è stata inclusa una tabella che consente di determinare a priori la corrente massima ammissibile in una data resistenza, conoscendone il valore ohmico ed il wattaggio nominale. Detta tabella viene ora completata con quella inserita nella presente lezione, con la quale è invece possibile determinare a priori la massima tensione applicabile ai capi di una resistenza nota. La tabella 23 è stata infatti ricavata dalla formula che determina la tensione in funzione della resistenza e della potenza, ossia:

$$E \text{ (tensione)} = \sqrt{\text{Potenza} \times \text{Resistenza}}$$

oppure dalla formula:

$$E = \text{Potenza} : \text{Corrente}$$

Come apprendiamo dalla legge di Ohm, la tensione, la corrente, la resistenza e la potenza riferite ad un circuito semplice sono tra loro in stretta relazione: variando una sola delle quantità, varia in corrispondenza almeno una delle altre. Tenendo quindi fissi e determinati i valori di resistenza ohmica e di potenza (dissipazione nominale) di una resistenza, è possibile, con l'aiuto di tale tabella, determinare quale è la massima tensione che, applicata ai capi della stessa, determina il passaggio della massima corrente consentita e riportata nella tabella precedente (lez. 6ª, pag. 44). Il lettore troverà utili tali tabelle allorchè inizierà a cimentarsi con le realizzazioni pratiche e con i primi progetti di circuiti, in quanto avrà la possibilità di scegliere la potenza adatta ad ogni singola resistenza onde evitare che questa si riscaldi o bruci per eccesso di corrente.

La tabella 24 riportata a pagina 93, ha il solo compito di chiarire per un'ultima volta e definitivamente i concetti basilari dei fenomeni elettrici, mediante la ben nota analogia con il passaggio dell'acqua attraverso le tubazioni. Consultando tale tabella, il lettore che non avesse ancora assimilato a fondo i concetti principali di volt, ampère, watt, ohm, ecc. potrà riscontrare le relative analogie rispettivamente con la pressione, la

TABELLA 23 - TENSIONE MASSIMA in volt AMMISSIBILE ai CAPI di UNA RESISTENZA

VALORE di R	1/8 W	1/4 W	1/2 W	1 W	2 W	3 W	5 W	10 W	20 W
50	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	12,2	15,6	22,4	31,6
100	3,5	5,0	7,0	10,0	14,1	17,3	22,4	31,6	44,7
150	4,3	6,1	8,6	12,2	17,3	21,2	27,4	38,7	54,7
200	5,0	7,1	10,0	14,1	20,0	24,5	31,6	44,7	63,2
250	5,6	7,9	11,2	15,8	22,4	27,4	35,4	50,0	70,0
300	6,1	8,6	12,5	17,3	24,5	30,0	38,7	54,7	77,5
350	6,6	8,7	13,4	18,7	26,5	32,4	41,8	59,2	83,5
400	7,0	10,0	14,1	20,0	28,3	34,7	44,7	63,2	89,2
450	7,5	10,8	15,0	21,2	30,0	36,7	47,5	67,2	95,0
500	7,9	11,2	15,8	22,4	31,6	38,7	50,0	70,0	100,0
600	8,6	12,5	17,3	24,5	34,6	42,4	54,7	77,5	110,0
700	8,7	13,4	18,7	26,5	37,4	45,8	59,2	83,5	118,0
800	10,0	14,1	20,0	28,3	40,0	49,0	63,2	89,2	126,5
900	10,6	15,0	21,2	30,0	42,5	52,0	67,2	95,0	134,5
1.000	11,2	15,8	22,4	31,6	44,7	54,7	70,0	100,0	141,4
1.500	13,7	19,4	27,4	38,7	54,5	67,4	86,5	122,5	173,0
2.000	15,8	22,4	31,6	44,7	63,2	77,5	100,0	141,4	200,0
2.500	17,7	25,0	35,4	50,0	70,0	86,5	112,0	156,0	224,0
3.000	19,4	27,4	38,7	54,7	77,5	95,0	122,5	173,0	245,0
3.500	20,9	29,6	41,6	59,2	83,6	102,5	132,5	187,0	265,0
4.000	22,4	31,6	44,7	63,2	89,5	109,5	141,4	200,0	283,0
4.500	23,7	33,5	47,4	67,0	95,0	115,5	150,0	212,0	300,0
5.000	25,0	35,4	50,0	70,0	100,0	122,5	156,0	224,0	316,2
6.000	27,4	38,7	55,5	78,5	109,5	134,0	173,0	245,0	346,0
7.000	29,6	41,6	59,0	83,5	118,2	145,0	187,0	265,0	374,0
8.000	31,6	44,7	64,0	89,5	126,5	155,0	200,0	283,0	400,0
9.000	33,5	47,4	68,5	95,0	134,5	164,5	212,0	300,0	425,0
10.000	35,4	50,0	70,7	100,0	141,4	173,5	224,0	316,2	447,5
11.000	37,1	53,0	74,0	105,0	148,2	181,5	235,0	331,0	468,0
12.000	38,7	55,5	77,5	109,5	155,0	189,5	245,0	346,0	490,0
13.000	40,3	57,5	80,0	114,0	161,0	197,5	255,0	360,0	510,0
14.000	41,6	59,0	83,0	118,2	167,3	205,0	265,0	374,0	528,0
15.000	43,2	61,2	86,5	122,5	173,5	212,0	274,0	387,5	547,0
16.000	44,7	64,0	89,5	126,5	178,8	219,0	283,0	400,0	565,0
17.000	46,1	67,5	92,0	130,5	184,5	226,0	291,5	412,0	582,5
18.000	47,4	68,5	95,0	134,0	189,5	232,5	300,0	425,0	600,0
19.000	48,7	69,5	97,5	137,8	195,0	239,0	308,0	436,0	615,0
20.000	50,0	70,7	100,0	141,4	200,0	245,0	316,2	447,5	632,5
25.000	56,0	79,5	112,0	158,0	224,0	274,0	345,0	500,0	708,0
30.000	61,2	86,2	122,5	173,0	245,0	300,0	387,5	547,0	775,0
40.000	70,7	100,0	141,4	200,0	283,0	347,0	447,0	632,5	895,0
50.000	79,0	112,0	158,0	224,0	316,0	387,0	500,0	708,0	1.000,0
75.000	96,9	137,0	194,0	274,0	387,0	475,0	612,0	865,0	1.225,0
100.000	112,0	158,0	224,0	316,0	447,0	547,0	700,7	1.000,0	1.414,0
150.000	137,0	194,0	274,0	387,0	547,0	670,0	865,5	1.225,0	1.730,0
200.000	158,0	224,0	316,0	447,0	632,0	774,0	1.000,0	1.414,0	2.000,0
250.000	177,0	250,0	354.0	500,0	707,0	865,0	1,120,0	1.560,0	2.240,0
300.000	194,0	275,0	388,0	547,0	774,0	950,0	1.225,0	1.730,0	2.450,0
400.000	224,0	320,0	447,0	632,5	894,0	1.100,0	1.414,0	2.000,0	2.840,0
500.000	250,0	354,0	500,0	707,0	1.000,0	1.225,0	1.560,0	2.240,0	3.162,0
1 Mohm	354,0	500,0	715,0	1.000,0	1.410,0	1.735,0	2.240,0	3.162,0	4.470,0
2 »	500,0	715,0	1.000,0	1.410,0	2.000,0	2.450,0	3.162,0	4.470,0	6.320,0
5 »	790,0	1.120,0	1.580.0	2.410,0	3.160,0	3.870,0	5.000,0	7.070,0	10.000,0
10 »	1,120.0	1.580,0	2.240.0	3.160,0	4.460,0	5.470,0	7.007,0	10.000,0	14.150,0

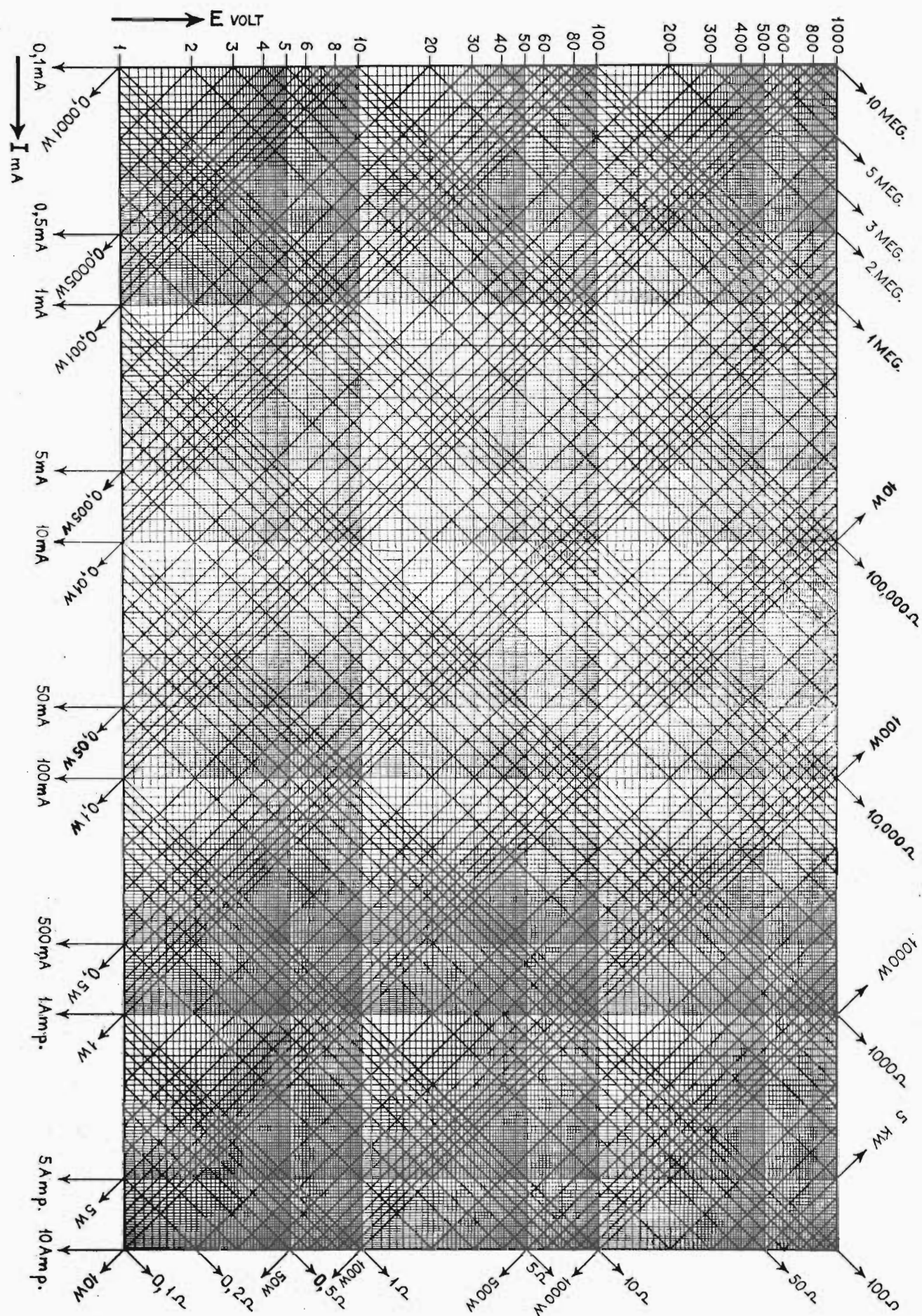
TABELLA 24 - ANALOGIA tra TERMINI ed UNITA' IDRAULICHE ed ELETTRICHE

ANALOGIA IDRAULICA			TERMINI ed UNITA' ELETTRICHE					
Termine	Unità di misura	Sistema di controllo	Termine	Unità di misura	Sistema di controllo	Sistema di misura	Simbolo e abbreviazioni	Rapporto con la legge di Ohm
Pressione	Peso per unità di superficie kg/cm^2	Pompa	**Forza elettromotrice**	Volt	C.C. batterie generatori C.A. alternatori trasformat.	Voltmetro	E = tensione applicata e = caduta tensione	Corrente × Resistenza I × R
Acqua	Portata in litri/sec	Rubinetto Valvola	**Corrente**	Ampère	Reostato Potenziom. Interrutt.	Amperometro	I = Corrente	$\frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$ E : R
Resistenza	coefficiente di durezza, attrito, ecc.	Trazione Torsione Attrito	**Resistenza**	Ohm	Lunghezza sezione, materiale	Ohmetro Ponte	R = Resistenza	$\frac{\text{Tensione}}{\text{Corrente}}$ E : I
Potenza	Cavalli di potenza	Pressione di uscita al getto	**Potenza**	CV, HP, Watt, ecc.	Tensione e corrente	Wattmetro	P = Potenza W = Watt VA = Voltampere	$E \times I$ $I^2 \times R$ $E^2 : R$
Energia	Cavalli per ora	Potenza e tempo	**Energia**	Watt/sec wattore ecc.	Contatore	Watt/ sec Wattore kilowattore	Potenza e Tempo W h	$P \times T$

portata, la potenza, l'attrito, ecc. E' bene tener presente che, da questa lezione in poi, tali concetti saranno considerati come acquisiti, essendo la loro esatta interpretazione base fondamentale allo svolgimento degli argomenti trattati in futuro. Nella colonna « Sistema di misura », sono citati degli strumenti, come ad esempio « voltmetro », « ohmetro », ecc. ai quali non è ancora stato fatto alcun riferimento. La parola « metro » derivata dal greco, significa « misura », per cui, aggiunta in coda ad un'altra parola esprimente una quantità, compone il nome dello strumento che serve a misurare quest'ultima. Come infatti il « cronometro » (cronos = tempo) è un apparecchio atto alla misura del tempo così il voltmetro consente di misurare i volt, ossia la tensione, l'ohmetro la resistenza, ecc. Di tali strumenti ci occuperemo dettagliatamente in seguito.

Il grafico riportato a pag. 94 (tabella 25), è di fondamentale importanza allorchè si desideri progettare un circuito senza ricorrere alla continua applicazione delle note formule della legge di Ohm. Esso esprime con sufficiente approssimazione tutte le relazioni che intercorrono tra tensione, corrente, resistenza e potenza. Supponiamo, ad esempio, di dover progettare un circuito che, alimentato da una tensione di 150 volt, debba essere percorso da una corrente di 15 mA. Il grafico, di forma rettangolare, va tenuto in modo che il lato contrassegnato « I mA » funga da base. Si individua sul lato verticale sinistro, contrassegnato E VOLT, il valore di tensione di 150 V., e si segue la linea orizzontale così individuata fino ad incontrare la coordinata verticale che ha inizio sul punto della base corrispondente a 15 mA. Il punto di incontro delle due coordinate individua a sua volta una diagonale inclinata verso destra che corrisponde al valore ohmico di 10.000 ohm riportato sul lato orizzontale superiore. Se a questo punto vorremo conoscere la dissipazione in watt di tale circuito, non avremo che da individuare la retta inclinata verso sinistra e passante sempre per il medesimo punto di incontro delle coordinate. Sulla scala dei watt, tale retta fa capo in un punto intermedio tra 2 e 3 watt, ma più prossimo al due che al tre. Ciò significa che la dissipazione ammonta con buona approssimazione a 2,25 watt.

L'utilità di tale grafico sarà facilmente palese dopo una attenta osservazione: per comodità di trascrizione, una parte dei valori è stata riportata ad una estremità di ogni singola retta, ed una parte in corrispondenza dell'estremità opposta. Inoltre, non essendo possibile tracciare tutte le rette intermedie, ogni volta che si incontrerà un valore che non corrisponde ad alcuna retta presente occorrerà tracciarne una immaginaria che potrà essere facilmente individuata con l'aiuto di un righello o di una squadra da disegno, così come abbiamo fatto nel caso della dissipazione di 2,25 watt nell'esempio considerato. A tutto ciò va ancora aggiunto che il grafico è reversibile in ogni senso, in quanto è possibile determinare la tensione ed il wattaggio conoscendo la corrente e la resistenza: la tensione e la resistenza conoscendo la dissipazione e la corrente, ecc. In altre parole, è sufficiente conoscere due dei valori riportati per individuare gli altri due mediante l'uso del grafico. Per ultimo è da notare che i valori possono essere estesi secondo il sistema decimale, moltiplicando o dividendo i valori riscontrati per 10 o per multipli o sottomultipli di 10, a seconda che le grandezze considerate siano direttamente o inversamente proporzionali.

TABELLA 25 - GRAFICO delle RELAZIONI tra TENSIONE - CORRENTE - RESISTENZA e POTENZA

Sabato prossimo - 29 ottobre - in tutte le edicole d'Italia sarà in vendita il 5° fascicolo del "Corso di Radiotecnica" contenente le lezioni 13ª - 14ª - 15ª.

Se il vostro giornalaio fosse sprovvisto, segnalategli che la distribuzione è affidata alla Spett. "Diffusione Milanese" Via Soperga, 57 - Milano.

I numeri arretrati costano lire 300 cadauno, tuttavia, per agevolare coloro che fossero privi di tutti i fascicoli sinora pubblicati offriamo l'invio — franco a domicilio — dei 4 fascicoli, per il solo importo di lire 600.

Se al ricevimento delle richieste qualche Numero fosse esaurito sarà restituito l'importo. Versamenti sul conto corrente postale N. 3/41203 - Milano, intestato al « Corso di Radiotecnica », Via dei Pellegrini, 8/4.

Desiderando un abbonamento di prova (13 fascicoli) richiedere l'opuscolo contenente il tagliando relativo. Gli abbonamenti di prova si intendono sempre a partire dal N. 1.

Si informa che il « Corso di Radiotecnica » non è in vendita come volume: a metà Corso (26 fascicoli) ed a fine Corso, sarà offerta una apposita cartella per la rilegatura in 2 volumi.

CONSULTATE IL CATALOGO ILLUSTRATO

1931 - 1959

avrete così una ulteriore GUIDA nello studio della RADIOTECNICA !!!

esauriente nel contenuto e riccamente illustrato conta oltre 613 pagine. Per acquistarlo è sufficiente recarsi presso una delle SEDI G B C, oppure, inviare vaglia di Lire 1.000 (mille) intestato alla Ditta: GIAN BRUTO CASTELFRANCHI, via Petrella, 6 - Milano C.C.P. 3/23395.

SEDI G B C IN ITALIA

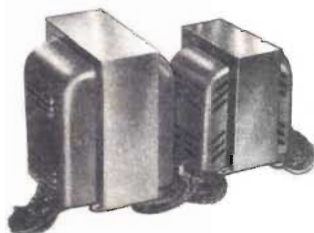
AVELLINO	Via Vitt. Emanuele, 122	**FIRENZE**	Viale Belfiore, 8 r.
BARI	Piazza Garibaldi, 58	**GENOVA**	Piazza J. da Varagine 7/8 r.
BOLOGNA	Via R. Reno, 62	**LA SPEZIA**	Via Persio, 5 r.
BENEVENTO	Corso Garibaldi, 12	**MANTOVA**	Via Arrivabene, 35
BERGAMO	Via S. Bernardino, 28	**NAPOLI**	Via Camillo Porzio, 10 a/b
CIVITANOVA	Corso Umberto, 77	**PALERMO**	Piazza Castelnuovo, 48
CAGLIARI	Via Rossini, 44	**PADOVA**	Via Beldomandi, 1
CATANIA	Via Cimarosa, 10	**ROMA**	Via S. Agostino, 14
CREMONA	Via Cesari, 1	**TORINO**	Via Nizza, 34

GELOSO

TUTTE LE PARTI STACCATE PER L'ELETTRONICA

CONDENSATORI ELETTROLITICI

Quest'organo è soggetto a forti sollecitazioni di natura elettrochimica; è perciò necessario che presenti anzitutto una elevata stabilità chimica che può essergli conferita solamente con speciali procedimenti costruttivi, frutto di lunga esperienza. La GELOSO costruisce tali condensatori da trent'anni. I tipi fabbricati sono 55, rispondenti, nelle dimensioni e nei valori, alle più diverse esigenze della tecnica.

TRASFORMATORI D'ALIMENTAZIONE

Uno studio accurato del circuito magnetico e del rapporto tra ferro e rame, metodi moderni di lavorazione, rigorosi e molteplici collaudi assicurano al prodotto esattezza e costanza delle tensioni, isolamento perfetto, minimo flusso disperso, basso riscaldamento e capacità di tolleranza al sovraccarico. Comodi e razionali nell'impiego e nel fissaggio: moltissimi tipi, standardizzati in 6 serie per i più

ALTOPARLANTI

È superfluo mettere in evidenza l'importanza dell'altoparlante nella catena di parti di un complesso elettroacustico; esso condiziona la qualità dell'apparecchio al quale è collegato. Gli altoparlanti GELOSO, costruiti in molti tipi, dal più piccolo per apparecchi a transistori, ai modelli maggiori per alta fedeltà, soddisfano le più disparate necessità. Essi sono la risultante di una trentennale esperienza.

Richiedete alla GELOSO S.p.A. - Viale Brenta, 29 - Milano il Catalogo Generale Apparecchi, che sarà inviato gratuitamente.

HEATHKIT®

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

KIT

Radio frequenze ad accordo fisso	262 kHz, 455 kHz, 465 kHz, 600 kHz, 1400 kHz; selezionabili con commutatore
Precisione di taratura	± 0,5 %
Dotazione di quarzi	Due posti su zoccoli siti sul pannello frontale, selezionabili con commutatore
Precisione di taratura	Dipendenti dai tipi di quarzo (capacità d'ingresso 32 pF)
Bassa Frequenza	400 Hz sinusoidale
Modulazione	400 Hz interna, al 30 % circa
Uscite	BF, RF modulata, RF non modulata, selezionabili con commutatore
Regolazione d'uscita	Variabile con continuità
BF	10 Volt efficaci (massimo)
RF (modulata o no)	0,1 Volt efficaci (massimo)
Tubi impiegati	1-12AU7 doppio triodo
Alimentazione	Con trasformatore, rettificatore al selenio
Tensione di alimentazione . . .	105-125 Volt 50/60 Hz - 10 Watt
Dimensioni d'ingombro	Altezza 18,5; larghezza 12; profondità 11 cm.
Peso netto	Kg 1,1

MODELLO

REQUISITI

- Massima semplicità circuitale.
- Indispensabile per il servizio di assistenza al cliente.
- Minimo ingombro, piccolo peso, massima trasportabilità.
- Elevata precisione, grande flessibilità di impiego.

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

soc. r. l. MILANO P.zza 5 GIORNATE 1
Telefoni: 795.762 - 795.763

Agenti esclusivi di vendita per:

LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI . . . . Soc. FILC RADIO
p.za Dante, 10 - ROMA - tel. 736.771

EMILIA - MARCHE . . . . Ditta A. ZANIBONI
via Azzogardino, 2 - BOLOGNA - tel. 263.359